தாவர நீர் உறவுகளும் கனிம ஊட்டமும்

(WATER RELATIONS AND MINERAL NUTRITION OF PLANTS)

தி. த. சுப்பிரமணியன்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண் — 575

தாவர நீர் உறவுகளும் கனிம ஊட்டமும்

ஆசிரியர்
தி. த. சுப்பிரமணியன், எம்.எஸ்ஸி.,
துணைப் பேராசிரியர்,
தாவரவியல்துறை, அரசினர் கலைக்கல்லூரி,
நந்தனம், சென்னை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—June, 1974

T. N. T. B. S. (C.P.) No.—575

© Tamil Nadu Text Book Society

WATER RELATIONS AND MINERAL NUTRITION OF PLANTS

T. D. SUBRAMANIAN

Price Rs. 5-65

Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture) New Delhi.

Printed by
New Century Printers,
Ambattur, Madras-600058.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்

(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினுன் காண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.) 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழி லேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறு வதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெரு முயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றுன **'தாவர நீர் உறவுகளும் கனிம ஊட்டமும்'** என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 575 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 610 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெற வேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

தாவர நீர் உறவுகள்

பக்கம்

1. நீர் மற்றும் நீர் கலந்த அமைப்புகளின் சில பண்புகள் (Some characteristic features of water and aqueous system) .. 1
2. பாரங்கைமா செல் (The parenchyma cell) .. 20
3. பிளாஸ்மா சவ்வும் செலுத்து திறனும் (Plasma membrane and permeability) .. 25
4. செல், திசுக்களின் நீர் உறவுகள் (Water relations of cells and tissues) .. 31
5. நீரின் பாதை (The path of water) .. 48
6. நீராவிப் போக்கு (Transpiration) .. 57
7. நீர்க் கசிவு (Guttation) .. 93
8. நீர் உறிஞ்சப்படுதலும் சாறேற்றமும் (Absorption of water and ascent of sap) .. 97
9. தாவரச் சூழ்நிலையில் நீர் (Water in plant's environment) .. 129
10. வறட்சித் தன்மையும் தாவர-நீர்த் தொடர்பும் (Xerophytism and plant-water relationship) .. 143

கனிம ஊட்டம்

1. தாவரங்களின் கனிம ஊட்டம் பற்றிய வரலாறு (Mineral Nutrition in Plants-Historical Account) .. 151

பக்கம்

2. முக்கிய மூலகங்களின் இருப்பு, இருப்பை அறிதல், அவை தாவரங்களுக்குக் கிடைத்தல். (Occurrence, detection and availability of essential elements) .. 158

3. கனிம உப்புகள் உறிஞ்சப்படுதலும் கடத்தப் படுதலும் (Absorption and translocation of mineral salts) .. 172

4. தாவர வளர்சிதை மாற்றத்தில் கனிமங்களின் பங்கு (Role of minerals in plant metabolism) .. 195

கலைச்சொல் அகராதி

தாவர நீர் உறவுகள் .. 216

கனிம ஊட்டம் .. 228

மேற்கோள் நூற்பட்டியல் .. 233

மேற்கோள் காட்டப்பட்டுள்ள முக்கியமான ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள். .. 234

தாவர நீர் உறவுகள்

1. நீர் மற்றும் நீர் கலந்த அமைப்புகளின் சில பண்புகள்

(Some characteristic features of Water and Aqueous System)

நீர் கலந்த அமைப்புகள் மற்றும் நீரின் ஒருசில முக்கியப் பண்புகள் இந்த அத்தியாயத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தப் பண்புகள், தாவரத்திற்கும் நீருக்கும் உள்ள தொடர்பைப் (Plant-water relationship) பற்றித் தெரிந்துகொள்வதற்கு மிகவும் அவசியம் என்பதால் இங்கு விளக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

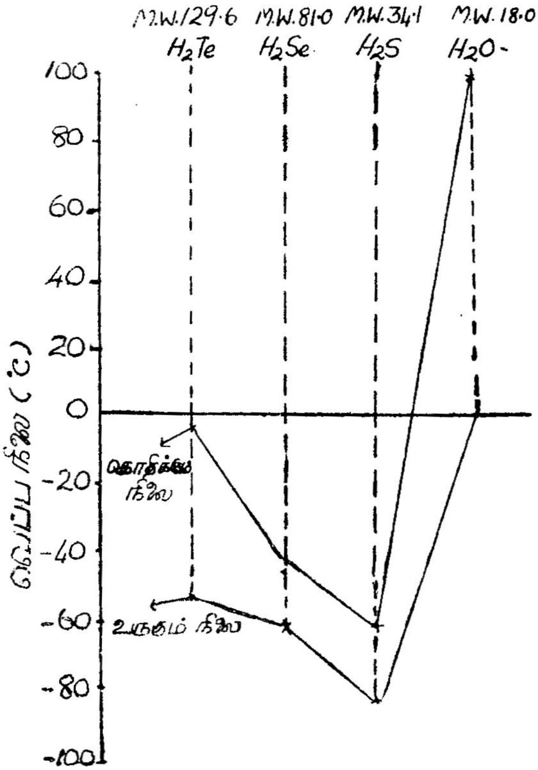
1. கூட்டிணைவு (Cohesion)

ஒரு மூலகத்தின் (element) அல்லது கூட்டுப்பொருளின் (compound) மூலக்கூறுகள் (Molecules) தம்மிடையே உள்ள கவர்ச்சியால் கவரப்பட்டுக் காணப்படுவது 'கூட்டிணைவு' என்றழைக்கப்படுகிறது. ஒரே பொருளின் (Matter) இரு மூலக் கூறுகளின் இடையே இருக்கும் ஈர்ப்பு விசையின் வேகம் (force), அம் மூலக்கூறுகளின் பளுவையும் அவற்றிற்கிடையே உள்ள தூரத்தையும் பொறுத்தது.

வாயுக்களை எடுத்துக்கொண்டால், அவற்றின் மூலக்கூறுகளுக் கிடையே உள்ள கூட்டிணைவு விசை மிகவும் குறைவாக இருக்கும். ஏனெனில், அவற்றின் மூலக்கூறு எடை (Molecular weight) மிகவும் குறைவு. இதன் காரணமாக வாயுக்களின் மூலக்கூறுகள் அவற்றிற் கிடையே உள்ள தூரத்தை மாற்றக்கூடிய செயல் களுக்கு எளிதில் இலக்காகின்றன. இதனால் ஒரு கொடுக்கப்பட்ட வாயுவின் பரிமாணத்தை (Volume) வெளியிலிருந்து கொடுக்கும் அழுத்த விசையால் (External pressure) எளிதில் மாற்றிவிடலாம்.

ஆனால், திரவங்களின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே உள்ள கூட்டிணைவு விசை மிக அதிகமாக இருப்பதால், இவ் விசையை மாற்றுவது என்பது எளிதான செயல் அன்று.

பீரியாடிக் அட்டவணையின் (Periodic Table) VI b தொகுதியைச் சேர்ந்த மற்ற மூலகங்களின் ஹைட்ரைடை (Hydride), நீருடன் (ஆக்ஸிஜனின் ஹைட்ரைடு) ஒப்பிட்டால் இரண்டுக்கும்



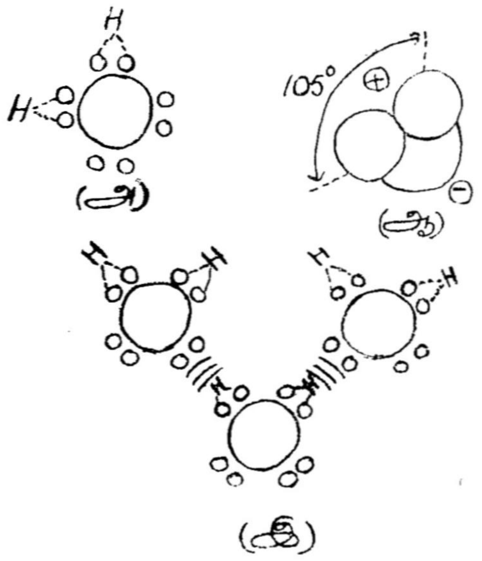
படம் 1

ஆறுவது b தொகுதி ஹைட்ரைட்களின் உருகும் நிலையும் கொதிநிலையும் விளக்கும் படம்.

(Melting points & boiling points of Group VI b hydrides)

இடையே இயற்பியற் பண்புகள் பெருமளவுக்கு வேறுபடுவது தெரியவரும். உதாரணமாக, உருகும் நிலையும் (Melting Point), கொதிநிலையும் (Boiling Point) மற்றவற்றைவிட நீருக்கு மிகவும்

அதிகம் என்பதைத் தெளிவாக்குகின்றது. மிகக் குறைந்த மூலக்கூறு எடையைக் கொண்டிருப்பதால் படத்தில் கொடுக்கப் பட்ட எல்லாப் பொருள்களும் மிக எளிதாகச் சாதாரண வெப்ப நிலையில் வாயுவடிவத்தை அடையும் என்று நாம் எதிர்பார்க்க லாம். நீரின் எதிர்பாராத பண்புகளுக்குக் காரணம் அதில் காணப்படும் ஹைட்ரஜன் இணைப்பே (Hydrogen Bonding) தான். இது மூலக்கூறுகளுக்கு இடையேவுள்ள கூட்டிணைவு விசையை



படம் 2

நீர் மூலக்கூறின் அமைப்பு (அ) மூலக்கூறில் ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஆக்ஸிஜன் அணுவின் ஒரு பக்கமாக அமைந்திருக்கின்றதைக்காட்டு கிறது; (ஆ) மின்சக்தியின் (Charges) பரவலையும். ஆக்ஸிஜன் ஹைட் ரஜன் இணைப்பிடையே உள்ள கோணத்தையும் காட்டுகிறது; (இ)நீரின் மூன்று மூலக்கூறுகள் ஹைட்ரஜன் இணைப்புகளால் ஒட்டிணைந் துள்ளதைக் காட்டுகிறது.

மேலும் அதிகமாக்குகிறது. நீரின் ஒவ்வொரு மூலக்கூறிலும் உள்ள ஒவ்வொரு ஹைட்ரஜன் அணுவின் நேர்மின் ஏற்றம் ஆக்ஸிஜனின் எதிர்மின் ஏற்றத்தால் ஓரளவுதான் நடுநிலைப்படுத்தப்படுகிறது (Partial neutralisation). ஹைட்ரஜனின் மிச்சமுள்ள இந்த நேர்மின் ஏற்றம், அண்மையில் உள்ள மற்றொரு மூலக்கூறின் ஆக்ஸிஜனை அதிக அளவுக்குக் கவரமுடிகிறது சொல்லப்போனால் நீரின் ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் ஒரு சிறிய மின்காந்தம் போன்று செயல்படுகிறது. நீரின் ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் அதேபோன்ற

நான்கு மூலக்கூறுகளுடன் மிக நன்ருக இணைக்கப்படுவதால், தொடர்ச்சியான டெட்ரஹெட்ரான் (Tetrahedron) அமைப்புகள் தோன்றுகின்றன. இதன் விளைவாக ஒரு மூலக்கூறு மத்தியிலும் அதன் நான்கு மூலைகளின் மூலைக்கொன்ருக நான்கு மூலக்கூறுகளும் இணைந்து காணப்படுகின்றன. இதனுல் மூலக்கூறுகளைப் பிரிப்பதற்கு மிக அதிக அளவுக்கு வெப்பம் தேவைப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மூலக் கூறின் இயக்க விசையும் (Kinetic energy), மூலக்கூறு ஆவியாதற்கு எவ்வளவு தேவையோ அந்த அளவிற்கு அதிகமாக்கப்படுகிறது. இதனுல் நீர் மிக எளிதில் ஆவியாவதில்லை; கொதிநிலையும் இதனுல் அதிகமாக்கப்படுகிறது. நீரின் ஒப்பு வெப்பநிலையும் (Specific Heat) மிகவும் அதிகம். இதனுல் கொடுக்கப்பட்ட அளவு நீரின் வெப்பநிலையை அதிகப்படுத்த அதிக வெப்பம் தேவை. வெப்ப நிலையில் ஏற்படும் திடீர் மாற்றங்களினுல் உயிர்கள் பாதிக்கப் படாமல் இருப்பதற்கு இப் பண்பு பெரிதும் உதவுகிறது. கடைசி யாக, நீரின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே உள்ள அதிக அளவு இணைவு விசையால் நீரின் விஸ்கஸ் தன்மையும் (Viscosity) அதிகமாகிறது. இதனுல், மிகக்குறுகிய சைலம் செல்களின் மூலம் நீர் செல்வதற்குத் தடங்கல் (resistance) அதிகமாக்கப்படுகிறது.

தாவரத்தின் சாறேற்றம், சில ஸ்போராஞ்ஜியங்கள் மகரந்தத் தாள்கள் வெடித்தல் போன்ற நிகழ்ச்சிகள் நீரின் கூட்டிணைவு விசையைப் பொறுத்தது.

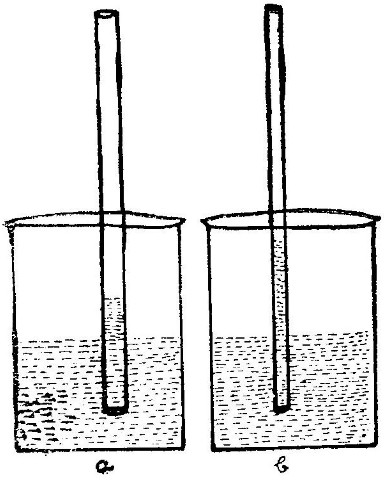
2. ஒட்டிணைவு (Adhesion)

நீர் மற்றும் மற்றப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் மற்றப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகளினுல் கவரப்படுதல் ஒட்டிணைவு எனக் கூறப்படுகிறது. இங்கும், மூலக்கூறுகளுக்கிடையே உள்ள விசைகள்தாம் செயல்படுகின்றன. உதாரணமாக, ஒரு பரப்பின் மீது சிறிது நீர் ஊற்றிவிட்டு அதன்மேல் ஒரு கண்ணுடிப்பட்டையை வைத்துச் சிறிது நேரம் கழித்து அந்தக் கண்ணுடியைச் சற்று மேலே தூக்கினுல் பரப்பிற்கும் கண்ணுடிக்கும் இடையே ஒரு சிறிய நீர்த் தம்பம் (Water column) காணப்படுகிறது, இதிலிருந்து என்ன தெரியவருகிறது என்ருல் நீர், கண்ணுடி மூலக்கூறுகளுக்கிடையே உள்ள கவர்ச்சியினுல் ஒட்டிணைவு நடைபெறுகிறது என்பதுதான். இதேபோன்று ஒட்டிணைவு நீருக்கும், அவை கடத்தப்படும் சைலம்திசு செல்களின் சுவர்களுக்கும் இடையே காணப்படுகிறது. இது நீர் கடத்தப்படுவதற்குப் பெரிதும் உதவுகிறது. ஒட்டிணைவு விசை மேற்கூறியவற்றில் மிக அதிகமாக இருக்கிறது என்றும், ஒரு சில தாவரங்களில் இது கிட்டத்தட்ட 1000 (வ. ம.அ.)

அட்மாஸ்ஃபியர்கள் (Atmospheres) வரை இருக்கிறது என்றும் தெரியவருகிறது. சைலம் செல்களின் உள்ளடக்கப் பொருளில் பல விதமான பொருள்கள் இருப்பதால், கூட்டிணைவு விசையும், ஒட்டிணைவு விசையும் கலந்து காணப்படுகின்றன.

3. தந்துகிக் கவர்ச்சி (Capillarity)

நீர் உள்ள ஒரு பீக்கரில் ஒரு மெல்லிய, திறந்த கண்ணாடிக் குழாயைச் செருகினால், நீர் குழாயினுள் ஏறுகிறது. நீர் ஏறிய உயரம், பீக்கரில் நீர் இருந்த உயரத்தைவிடச் சற்று அதிகமாக இருக்கும். நீர் ஏறும் உயரம் குழாயின் துளையின் விட்டத்தையும் பொறுத்தது. மிகக் குறைவான விட்டமிருந்தால் அதிக உயரத்திற்கும், மிக அதிகமான விட்டமிருந்தால் குறைவான உயரத்திற்கும் நீர் ஏறுகிறது. உதாரணமாக, 1 மி.மீ. விட்டம் உடைய ஒரு கண்ணாடிக் குழாயில் நீர் 30 மி.மீ. உயரம் ஏறினால் 0.02 மி.மீ. விட்டம் உள்ள ஒரு சைலம் குழாயில் நீர் கிட்டத்தட்ட 1500 மி.மீ. உயரம் வரை நீர் ஏறும். செய்தித்தாள்கள் (Newspapers), உறிஞ்சு தாள்கள் (Blotting paper) மற்றும் பல பொருள்கள் நீருடன் தொடர்புகொண்டால் ஏற்படும் உறிஞ்சு தன்மைக்கும் தந்துகிக் கவர்ச்சிதான் காரணம். மேற்கூறியவற்றில் காணப்படும் மிகச்சிறிய துளைகளில் நீர் தந்துகிக் கவர்ச்சி மூலம்ஏறுகிறது.



படம் 3
தந்துகிக் கவர்ச்சி

4. கொல்லாய்டல் நிலை (Colloidal State)

வேதியியல் மாற்றங்கள் எதுவும் ஏற்படாத நிலையில், பொடியாக்கப்பட்ட ஒரு திடப்பொருளை ஒரு திரவப்பொருளுடன் சேர்த்தால், கீழ்க்கண்ட மூன்று முறைகளில் ஏதாவது ஒரு முறையில் அது செயற்படும். (i) அதன் அடர்த்தியைப் பொறுத்து, திரவத்தின் மேலே அது மிதக்கலாம் அல்லது அதனுடன் சேர்ந்து விரவலாகி (suspension), கடைசியில் புவி

யீர்ப்பினுல் அடியில் படியலாம். இரண்டு வகைகளிலும் அது திரவத்தில் அதிக அளவுக்கு மாற்றத்தை ஏற்படுத்துவதில்லை. (ii) அது திரவத்தில் கரைந்து ஒரு கரைசலை உண்டாக்கலாம். திடப்பொருள் எலெக்ட்ரோலைட்டாக (electrolyte) இருந்தால் அதன் மூலக்கூறுகள் அயனிகளாகப் பிரிவுற்று, அயனிகள் பரவுதலினுல் (diffusion) ஒரே சீராகத் திரவத்தில் பரப்பப்படு கின்றன. எலெக்ட்ரோலைட்டாக இல்லாவிட்டால் மூலக் கூறுகளே அயனிகள் போன்று செயல்படுகின்றன ஓர் உண்மை யான கரைசலில் காணப்படும் மிகப்பெரிய பொருள் மூலக்கூறே அயனியோதான். நீர்தான் மிகத் தீரம் வாய்ந்த கரைப்பான் என்பது இங்குக் குறிப்பிடத்தக்கது. செல்களில் பெரும்பாலான அங்கசக் கிரியைகள், கிரியை புரியும் பொருள்கள் கரைந்த நிலேயில் இருந்தால்தான் நடைபெறுவதாலும், பெரும்பாலான பொருள்கள் உயிரிசலுக்குள் கரைசல் நிலையில்தான் பெரும் பாலும் கடத்தப்படுவதாலும், நீரின் முக்கியத்துவம் மிகத் தெளிவாகிறது. (iii) அது திரவத்துடன் சேர்ந்து கொல்லாய்டல் நிலையை உண்டாக்குகிறது. இங்குத் திடப்பொருள் [விரவிய நிலை (Disperse phase) என்று கூறப்படுகிறது] திரவத்தில் [விரவு ஊடகம் (Dispersion medium) என்று கூறப்படுகிறது] மிகவும் நன்ருகப் பிரிக்கப்பட்ட நிலையில் முழுதும் பரப்பப்படுகிறது. இங்குத் திடப் பொருளின் அளவு, கரைசலில் காணப்படும் அளவிற்கும் (கண்ணிற்குப் புலனுகாது), விரவலில் (suspension) காணப்படும் அளவிற்கும் (இங்குப் பொருள்கள் கண்ணுக்குப் புலனுகும்) இடைப் பட்டதாக இருக்கும்.

கொல்லாய்டு உள்ள ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்தின் ஊடே தீவிரமான ஒளியினைச் செலுத்தி அதை நேர்கோணத்தில் பார்த்தால், ஒவ்வொரு திடப்பொருளும் (Solid particle) ஒரு சிறிது ஒளியைச் சிதறச் செய்கிறது. அந்தத் திடப்பொருள் மிகப் பிரகாசமாகவும் காட்சி அளிக்கிறது. இதற்கு டிண்டால் விளைவு (Tyndall effect) என்று பெயர். ஒவ்வொரு பிரகாசமான பொருளும் ஓரிடத்தில் நிலைத்து நில்லாமல் இருக்கிறது. இதற்குக் காரணம் விரவு ஊடகத்தின் மூலக் கூறுகள் மிக வேகமாக ஒன்றுக்கொன்று இடித்துக் கொள்வதுதான் (bombardment). இதனை முதன்முதலில் பிரௌன் (Brown) கண்டுபிடித்ததால் பிரௌன் இயக்கம் (Brownian movement) என்பர். உண்மை யான கரைசலில் இவ் வியக்கம் தென்படாது. ஏனெனில், திடப் பொருள்கள் மிகச்சிறியதாக இருப்பதால்தான்.

திடப்பொருள் திரவப்பொருளில் விரவிக் காணப்படுவது மட்டும்தான் கொல்லாய்டு எனக் கொள்ளுதல் கூடாது.

ஏனெனில், பல வகையான கொல்லாய்டல் தொகுதிகள் காணப்படுகின்றன (அட்டவணை 1).

விரவிய நிலை, விரவு ஊடகம் இரண்டுமே வாயுவாகவோ, திரவமாகவோ திடப்பொருளாகவோ இருக்கலாம். தற்போதைக்கு நீர் விரவு ஊடகமாக உள்ள கொல்லாய்டுகள் பற்றி மட்டும் நமக்குத் தெரிந்தால் போதும்.

கொல்லாய்டுகளின் மிக முக்கியப் பண்பு விரவிய நிலைக்கும், விரவு ஊடகத்திற்கும் இடையே காணப்படும் அதிக அளவு புறப்பரப்புதான் (Surface area). எவ்வளவுக்கெவ்வளவு

அட்டவணை 1: ஒரு சிலவகை கொல்லாய்டு தொகுதிகள்

விரவு ஊடகம்	விரவிய நிலை	உதாரணம்
திரவம் (பெரும் பாலும் நீர்)	திரவம் (மிகச்சிறிய கொழுப்புத் திவலைகள்)	பால்
திரவம் (நீர்)	திடப்பொருள் (பெக்டின் மூலக் கூறுகள்)	ஜெல்லி
வாயு (காற்று)	திடப்பொருள் (மிகச்சிறிய புகைப்பொருள்கள் (Minute soot particles)	புகையிலைப் புகை
வாயு (காற்று)	திரவம் (மிகச்சிறிய திரவத் திவலைகள்)	பனிமேகம் (mist)

விரவிய திடப்பொருள் பகுக்கப்படுகிறதோ (Finely-divided) அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதன் புறப்பரப்பு அதிகமாகிறது. கொல்லாய்டு பொருள்களின் அளவு கிட்டத்தட்ட 1 $m\mu$ லிருந்து 100 $m\mu$ வரை இருக்கின்றது. உதாரணமாக, 1 செ.மீ. அளவுள்ள பக்கமுடைய கன சதுரப் பொருளின் (Cubical thing) புறப்பரப்பு 6 சதுர செ.மீ. தான். ஆனால், அதையே மிகச் சிறிய பொருள்களாகப் பிரித்துக் கொல்லாய்டல் தன்மையுடைய தாகச் செய்தால் அதன் புறப்பரப்பு 1,000,000 சதுர செ.மீ. வரை இருக்கும். இத்தகைய புறப்பரப்பில்தான் வேதியியற் பொருள்கள் கவரப்பட்டு அப் பகுதிகளில் வேதியியல் மாற்றங்கள் ஏற்பட வாய்ப்பு ஏற்படுகின்றன. கொல்லாய்டான புரோட்டோபிளாஸத்திற்கு இந் நிகழ்ச்சி மிகவும் முக்கியம்.

கொல்லாய்டுகளில் பல தனிப்பட்ட இயற்பியல் வகைகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் மூன்று மிக முக்கியமானவை. அவை ஸால் (Sol), ஜெல் (Gel), எமல்ஷன் (Emulsion) என்பனவாகும்.

புரோட்டோபிளாஸம் சில சமயங்களில் இந்த மூன்றுவகை இயற்பியல் நிலைகளிலும் இருப்பதால் இவற்றைப்பற்றித் தெரிந்து கொள்வது அவசியம். ஸால்களும், எமல்ஷனும் அதிக அளவுக்குத் திரவத்தன்மை (Fluidity) கொண்டவை. ஸால்களில் திரவப் பொருளில் திடப்பொருள் விரவிக் காணப்படும். எமல்ஷனில் இரண்டு தொகுதிகளும் திரவப் பொருள்களே. ஜெல்கள் திரவ, திட நிலைகளைக் கொண்டது; எனினும் ஸாலைவிடச் சற்றுக் விறைப்புத்தன்மையுடையது; பிரௌனியன் இயக்கத்தைப் பெற்றிருக்காது; அதே சமயத்தில் மீள்சக்தியைச் சற்றுக் கொண்டவை. அகார் (Agar), ஜெலாடின் (Gelotin) போன்றவை ஜெல்லுக்கு முக்கிய உதாரணங்களாகும். ஒருசில சமயங்களில் ஜெல் மிக விரைவாக ஸால்களை உண்டாக்குகின்றது. இந் நிகழ்ச்சி ஸோலேஷன் (Solation) என்று கூறுப்படுறது. அதே போன்று ஸால்களும் ஜெல்களாக ஜிலேஷன் (Gelation) என்ற நிகழ்ச்சியின் மூலம் மாறக்கூடும். உதாரணமாக, நீரில் ஒரு சிறிது ஜெலாடினை சேர்த்தால், சிறிது நேரத்தில் ஜெல் உண்டாகிறது. 100 பகுதி நீரினை ஒரு பகுதி ஜெலாடினை ஜெல்லாக மாற்றும். எனினும் இந் நிகழ்ச்சியின் பொழுது வெப்பநிலையும், pH-ம் சரியாக இருக்கவேண்டும். புரோட்டோ பிளாஸம் மிக எளிதில் ஸால் $\rightleftharpoons$ ஜெல் மாற்றங்களை அடைகிறது. இத்தகைய கொல்லாய்டை மீளுங் கொல்லாய்டு (Reversible Colloid) என்பர். ஆனால், முட்டையிலுள்ள வெண்கரு (கொல்லாய்டு தன்மையுடையது) சாதாரணமாக ஸால் நிலையில் உள்ளது. இதனை வேக வைக்கும் பொழுது அது கடினமாகி ஜெல்லாக மாறுகிறது. இந்த ஜெல்லை மீண்டும் ஸாலாக மாற்ற முடியாது. இத்தகைய கொல்லாய்டுகளை மீளாக் கொல்லாய்டுகள் (Irreversible Colloids) என்பர். சில வகையான கொல்லாய்டுகள் (உதாரணமாக பெயின்ட்கள்) திக்ஸோடிரோபிக் (Thixotropic) தன்மை உடையன. அதாவது சாதாரண நிலையில் அசையாமல் இருக்கும் பொழுது அவை ஜெல் நிலையில் இருக்கும். அதனை நன்ருக அசைத்தால் ஸால் நிலையை அடைகின்றன.

ஜெலாடின், அகார், புரோட்டோபிளாஸம் போன்றவை கொல்லாய்டுகளில் ஒரு முக்கிய வகையான நீர் விரும்பும் கொல்லாய்டுகளைச் (Hydrophilic Colloids) சேர்ந்தவை. இவற்றின் முக்கியப் பண்புகளாவன: (i) விரவிய நிலைக்கும் Disperse phase), நீருக்கும் இடையே அதிக அளவிற்கு ஒட்டுதல்

(Affinity) இருக்கிறது. நீர், விரவிய பொருள்களைச் சுற்றிப் பரப்பு ஒட்டிய படலங்களை (Adsorbed films) உண்டாக்குவதால், ஒரு விரவிய துகள் இன்னொரு விரவிய துகளுடன் ஒன்றுசேராமல் (Aggregation) தடுக்கப்படுகிறது; அவ்வாறு சேர்ந்தால் அது நீரின் அடியில் படிந்துவிடும். எனினும், பின்னால் கூறிய நிகழ்ச்சி நடைபெறுவதில்லை. பின்னால் கூறிய நிகழ்ச்சி நடைபெற வேண்டுமென்றால், நீரினை உறிஞ்சும் பொருள்களான ஆல்கஹால் போன்றவற்றைக் கொல்லாய்டுடன் சேர்க்கவேண்டும். (ii) இவை நீரினை விட அதிகமான பிசின் தன்மையையும் (Viscous), மிகக் குறைவான பரப்பு விசையையும் (Surface tension) கொண்டவை. (iii) இவை எலெக்ட்ரோ லைட்களை ஓரளவுக்குச் சேர்ப்பதால் இவற்றின் துகள்கள் அடியில் படிவதில்லை (Do not precipitate).

இதற்கு நேர்மாறாக, ஒருசில பொருள்கள்—உதாரணமாக உயர்ந்தரக உலோகங்கள் ('Noble' metals), தங்கம், பிளாட்டினம், வெள்ளி போன்றவை—நீர் விரும்பாக் கொல்லாய்டுகளை (Hydropholic Colloids) உண்டாக்குகின்றன. இவற்றின் முக்கியப் பண்புகளாவன: (i) விரவிய நிலைக்கும், விரவு ஊடகத்திற்கும் இடையே எந்தவித ஒட்டுதலும் (Affinity) கிடையாது. இரண்டையும் ஒன்றுசேர்த்து, கொல்லாய்டல் நிலைக்குக் கொண்டுவர வேண்டுமானால் அசாதாரண முறைகளைக் கையாளவேண்டும். (ii) பிசின் தன்மையும், பரப்பு விசையும் நீரிலிருந்து அதிக அளவுக்கு வேறுபடுவதில்லை. (iii) விரவிய பொருள்களைச் சுற்றிப் பரப்பு ஒட்டிய நீர்ப்படலங்கள் காணப்படுவதில்லை. விரவிய பொருள்கள் விரவு ஊடகத்தில் விரவிய நிலையிலேயே இருப்பதற்குக் காரணம் அப் பொருள்களின் ஒரே விதமான மின் ஏற்றம்தான் (Positive or negative charges). உதாரணமாக, தங்கத்தின் பொருள்கள், எப்பொழுதும் எதிர்மின் ஏற்றம் உடையவை. (iv) ஒருசிறிது எலெக்ட்ரோ லைட்களைச் சேர்த்தால், இந்த மின் ஏற்றங்களை ஓரளவுக்குச் சமநிலைக்குக் (Neutralise) கொண்டு வரலாம். அப்பொழுது விரவிய துகள்கள் பல ஒன்றுசேர்ந்து (coagulate) அடியில் படிந்துவிடும்.

நீர் விரும்பும் கொல்லாய்டுகளின் முக்கியப் பண்புகளில் ஒன்று உள்ளீர்த்தலாகும் (Imbibition), இக் கொல்லாய்டுகள் மிக அதிக அளவிற்கு நீரை ஈர்க்கின்றன. இதனால் கொல்லாய்டு சற்று வீங்குகிறது (swells). ஜெல் நிலையில் உள்ள புரோட்டோபிளாஸத்திற்கு உள்ளீர்த்தல் ஒரு முக்கியப் பண்பாகும். காய்ந்த நிலையில் உள்ள நீர் விரும்பு கொல்லாய்டுகள் முதன்முதலில் மிக அதிக விசையுடன் நீரினை உறிஞ்ச ஆரம்பிக்கின்றன. உதாரண

மாக விதைகளை நீரில் போட்டால், கிட்டத்தட்ட 1000 அட்மாஸ்ஃபியர் விசையுடன் அவை நீரை உறிஞ்ச ஆரம்பிக்கின்றன. ஒரு சில சமயங்களில் இந் நிகழ்ச்சியின் பொழுது பெருமளவிற்கு வெப்பம் உண்டாக்கப்படுகிறது. உதாரணமாக, காய்ந்த மாவுப் பொருளில் சிறிது நீர் சேர்த்தால் வெப்பம் உண்டாக்கப் படுவதைத் தெளிவாகக் காணலாம். முதன்முதலில் உறிஞ்சப் பட்ட நீர் மிகமிக அழுத்தமாகக் கொல்லாய்டுகளால் ஈர்த்து வைக்கப்படுகிறது. இரண்டையும் பிரிப்பது, மிக மிக அதிக வெப்பநிலையில் கூட முடியாத காரியமாகும். உள்ளீர்த்தல் நிகழ்ச்சி புரோட்டோபிளாஸத்துடனும் செல் உறைப் பொருள் களுடனும், ஒருசில மண் பொருள்களுடனும் தொடர்புகொண் டிருக்கிறது.

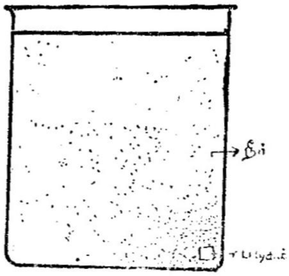
நீரினை உள்ளீர்க்கும் ஒரு கொல்லாய்டு மற்றப் பொருள் களையும் (உதாரணமாக ஈதர், அல்லது மற்ற அங்ககத் திரவங்கள்) உள்ளீர்க்க வேண்டும் என்று நினைக்கக் கூடாது. உதாரணமாக, அகார் நீரினை உள்ளீர்க்கும்; ஈதரை உள்ளீர்க்காது. அதே போன்று மற்றப் பொருள்களை உள்ளீர்க்கும் கொல்லாய்டு நீரினையும் உள்ளீர்க்க வேண்டும் என்ற அவசியம் கிடையாது. உதாரணமாக, ரப்பர் நீரினை உறிஞ்சாது; ஈதரை அதிக அளவிற்கு உறிஞ்சும்.

உள்ளீர்க்கும் பொருளின் (Imbibant) பரிமாணம் (Volume) உள்ளீர்த்தல் நிகழ்ச்சியின் பொழுது அதிகமாகிறது. ஆனல், இந்தத் தொகுதியின் கடைசிப் பரிமாணம் (திரவம்+உள்ளீர்க்கும் பொருள்) இரண்டு பொருள்களின் முதலில் இருந்த பரிமாணத்தைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். மேலும், சொல்லப் போனல், திரவம்+உள்ளீர்க்கும் பொருள் அமைப்பில் (system) பரிமாணத்தில் ஒரு சுருக்கம் உள்ளீர்த்தல் நிகழ்ச்சியின் பொழுது ஏற்படுகிறது. இதற்கான தெளிவான விளக்கம் தெரியவில்லை.

5. பரவுதல் (Diffusion)

உயிருள்ள ஒரு செல் தன்னுடைய செயல்களைச் சரிவரச் செய்வதற்குத் தேவையான அடிப்படைக் கச்சாப் பொருள்களும் (raw materials), வளர்சிதை மாற்றத்தின் விளைவால் உண்டாக்கப் பட்ட நீக்கப் பொருள்களும் முறையே செல்லுக்கு உள்ளேயும், வெளியேயும் நகர்ச்சியடையும் நிகழ்ச்சி பரவுதல் (Diffusion) மூலம் நடைபெறுகிறது.

பரவுதலைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்: ஒரு பொருள் எங்கு அதிக அடர்த்தியில் காணப்படுகிறதோ அங்கிருந்து அடர்த்திக் குறைவான பகுதிகளுக்கு, அப் பொருள்களுக்கே உரித்தான விசையின் உதவியால் இடப் பெயர்ச்சி அடைவது தான் பரவுதல். இதனைத் தெளிவாகத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டு மென்றால், ஒரு சிறு காப்பர் ஸல்பேட் (Copper Sulphate) படிகத் தைப் பீக்கர் நீரில் போடவேண்டும். போட்ட சிறிது நேரத்தில் படிகத்தின் பொருள்கள் நீர் முழுவதும் பரவுவதால் நீர் நிறமடை கிறது. (படம் 4) பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட், மெதிலின் நீலப் (Methylene blue) போன்ற பொருள்களையும் உபயோகிக்க லாம். பீக்கர் அசையாமல் வைக்கப்படவேண்டும்; வெப்பநிலை ஒரே சீராக இருக்கவேண்டும். ஆரம்பத்தில் படிகத்தைச் சுற்றி யுள்ள நீரின் நிறம் மாறுதலடைகிறது. படிகம் முழுதும் கரைந்த வுடன் நீர் ஒரே சீராக நிறமடைகிறது. இதிலிருந்து என்ன தெரி கிறது என்றால், படிகத்தின் பொருள் கள் ஒரே சீராக நீரில் பரவியிருக் கிறது என்பதுதான். மூலக்கூறுகள் அல்லது அயனிகளின் இந்த நகர்ச்சிக் குக் காரணம் அவை எப்பொழுதும் ஒரு நிலையற்ற இடப் பெயர்ச்சியடை யும் நிலையில் இருப்பதுதான். இந்த இடப்பெயர்ச்சி முழுதும் வரம் பற்றது (random); ஒவ்வொரு பொருளும் ஒரு நேர்கோட்டில் மிக வேகமாக இடப்பெயர்ச்சியடையும்; அது இன்னொரு பொரு ளுடன் மோதிக்கொள்ளும் நிலைவரை மேற்கூறிய நிகழ்ச்சி நடை பெறும். மோதிய பின்பு இரண்டின் திசையும் திருப்பப்படும். இந் நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நடைபெறும். ஆரம்பத்தில் படிகத் திற்கு அண்மையில், இவ்வாறு இடப்பெயர்ச்சி அடையும் பொருள்கள் பீக்கரின் மற்றப் பகுதிகளைவிட அதிகமாக இருக்கும். இவற்றில் பல இப் பகுதியை விட்டு விரைவில் நகர்ந்துவிடுகின் றன. இப் பகுதியை விட்டு ஒரு வினாடிக்கு வெளியேறும் பொருள் கள், படிகத்தை நோக்கி ஒரு வினாடிக்கு நகரும் பொருள்களைவிட மிக அதிகமாக இருக்கும். பீக்கரின் நீர் ஒரே சீராக நிறமடைந்த நிலையில் பீக்கரின் எல்லாப் பகுதியிலும் பொருள்களின் இடப் பெயர்ச்சி வினாடிக்கு ஒரே மாதிரியாக இருக்கும்.



படம் 4
பரவுதல்

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து தெளிவாகும் உண்மை என்ன வென்றால், பரவல் நிகழ்ச்சி நடைபெற வேண்டுமென்றால் அந்த

அமைப்பில் (System) அடர்த்தி வேறுபாடு இருத்தல் அவசிய மாகும். ஆரம்பத்தில் பீக்கரில் ஒரு ஒரேசீரான அடர்த்தி வேறுபாடு (Diffusion gradient) இருக்கிறது எனக் கொள்ளலாம்.

பரவுதல் நிகழ்ச்சி ஓர் இடத்தில் நடைபெறுகிறது என்றால் அங்கு அழுத்த வேறுபாடு (Pressure difference) பெரும்பங்கு வகிக்கிறது எனக் கொள்ளலாம். இதனைக் கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ள சோதனையால் தெளிவாக அறியலாம். ஒரு செல்லோ ஃபேன் அல்லது பார்ச்மென்ட் குழாயில் (Collophane or Parchment tube) ஓர் அடர்த்தியான உப்புக்கரைசலை ஊற்றி அக் குழாயை அடர்த்தி மிகக் குறைவான உப்புக்கரைசலையோ, நீரையோ கொண்ட ஒரு பீக்கரில் இறக்கவேண்டும். இரண்டு கரைசல்களின் மட்டமும் சமமாக இருக்கவேண்டும். செல்லோ ஃபேனும், பார்ச்மென்டும் இரண்டு கரைசல்களும் ஒன்று சேருவதைத் (mixing) தடுத்தாலும், அவற்றில் காணப்படும் துளைகள் நீரும், கரைபொருளும் அவற்றின் வழியே செல்வதற்கு உதவுகின்றன. குழாய்க்குள் (Na^+, Cl^-) அயனிகள், வெளியில் இருப்பதைவிட அதிகமாக இருப்பதால், அவை ஒரு வினாடிக்கு அதிக எண்ணிக்கையில் துளைகள் வழியாக வெளியில் செல்கின்றன. கரைபொருள்களைப் பொறுத்தவரையில் இரண்டு அமைப்பு களுக்கும் இடையில் அடர்த்தி வேறுபாடு காணப்படுகிறது; அழுத்த வேறுபாடு காணப்படுகிறது. இது இரண்டு தொகுதி களையும் பிரிக்கும் மெம்ப்ரேனின் இரண்டு பக்கங்களிலும் அதிக அளவுக்குத் தென்படுகிறது. எனவே, குழாயினுள் உப்புப் பொருளின் பரவு அழுத்தம் (Diffusion Pressure) பீக்கரைவிட அதிகமாக இருக்கிறது. கடைசியில் இரண்டு தொகுதிகளிலும் பரவு அழுத்தம் சமமாக்கப்படுகிறது. இதற்குக் காரணம், குழாயிலிருந்து உப்புப் பொருள்கள் பரவுதல் மூலம் பீக்கரை அடைவது போன்று, பீக்கரிலிருந்து நீர் அதே நிகழ்ச்சி மூலம் குழாயை அடைகிறது. இதனால் திரவங்களின் மட்டம் இரண் டிலும் முதலில் இருந்தபடியே கடைசியிலும் இருக்கும்.

பரவுதல், கரைநிலையில் உள்ள பொருள்களுக்கு மட்டும் உரித் தான தன்மையன்று. இதனை வாயுக்கள், திரவங்கள், திடப் பொருள்கள் (அரிதாக) போன்றவற்றிலும் காணலாம். வாயுக் களின் பரவுதல், திரவங்களின் பரவுதலைவிட மிகவேகமாக நடை பெறுகிறது. இதற்குக் காரணம் திரவங்களின் பொருள்கள் வாயுக்களின் பொருள்களைவிடப் பெரிதாகவும், பளுவானதாகவும், மிக அடர்த்தியாக அமைந்தும் காணப்படுவதுதான். நிலையான காற்றிலும் பரவுதல் நடைபெறலாம் என்பதை நிலக்கரி வாயுவை

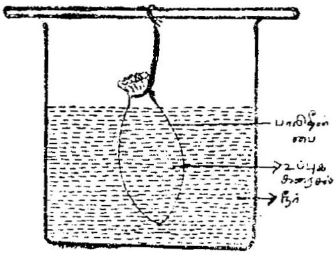
(Coal-gas) ஒரு சிறிது அதில் வெளியிட்டால் தெரியவரும். வெற்றிடத்தில் ஒரு வாயுவைச் செலுத்தினுல் அது காற்றில் நடைபெறுவதைவிட மிகவேகமாகப் பரவுதல் அடைகிறது. பரவுதல் நிகழ்ச்சியின் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் மற்ஞெரு முக்கிய அம்சம் பரவும் பொருள்களின் எடைதான். எடை குறைவான பொருள்கள் வேகமாகவும், எடை அதிகமான பொருள்கள் மெதுவாகவும் பரவுகின்றன. பொருள்களின் உருவ அளவும் பரவுதல் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தும். பெரிய மூலக்கூறுகள் மெதுவாகவும், சிறிய மூலக்கூறுகள் வேகமாகவும் பரவுகின்றன. உதாரணமாக, மிகப்பெரிதாக உள்ள கொல்லாய்டு மூலக்கூறுகள் மிகமிக மெதுவாகப் பரவும்; அல்லது பரவுதலே அவற்றில் காணப் படாது.

நேரடியாக ஆவியாகும் திடநிலையிலுள்ள கற்பூரம், நாப்தலின் போன்ற பொருள்களின் பரவுதல் குறிப்பிடத்தக்கது. இங்கு ஒரு திரவப்பொருள் வாயுவுடன் நேரடித்தொடர்பு கொண்டுள்ளது. திரவத்தின் மூலக்கூறுகள், அவற்றின் இயக்க ஆற்றலால் (Kinetic energy), அப் பொருள்களின் பரப்பிலிருந்து தொடர்ந்து நேரடியாகப் பரவி ஆவிநிலையில் வாயு வடிவத்தை அடைகின்றன. இந்த அமைப்பை (System) ஒரு மூடிய நிலையில் (உதாரணமாக ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்தில்) வைத்தால், வாயு சீக்கிரத்தில் மிகவேகமாக இடப்பெயர்ச்சி அடையும் ஆவி மூலக்கூறுகளுடன் பூரிதமாகி (saturated), பாத்திரத்தின் சுவரை இடிக்கின்றன; இவ்வாறு இடிக்கும் பொழுது ஒரு விதமான அழுத்தம் உண்டாகிறது. இதனைத் திரவத்தின் பூரித ஆவியமுழ்ந்தம் (Saturated Vapour Pressure) என்று கூறுவர். இது ஒவ்வொரு திரவத்திற்கும், ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைபில் நிலையாக இருக்கும். அதிக வெப்பநிலையில் பூரித ஆவியமுத்தம் அதிகமாகிறது.

உயிரியல் அமைப்புகளில் (Bilogical Systems) பரவுதல் மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. உதாரணத்திற்கு, வேரின் செல்கள் எவ்வாறு ஆக்ஸிஜனைப் பெறுகின்றன என்பதைப் பார்க்கலாம். செல்லின் சைட்டோபிளாஸத்தில் ஆக்ஸிஜன் கரைசல் நிலையில் ஓரளவிற்குக் காணப்படுகிறது; ஆனுல், அங்கு நடைபெறும் சுவாசித்தல் நிகழ்ச்சியால் அது நீக்கப்படுகிறது அல்லது அடர்த்தி குறைக்கப்படுகிறது. இதன் காரணமாக, அதிக அளவுக்கு அடர்த்தி வேறுபாட்டால் (Concentration gradient) ஆக்ஸிஜன் நிறைய உள்ள செல்லிலிருந்து இல்லாத செல்லுக்குப் பரவுகிறது. இதன் காரணயாக வேரின் புறத்தோல் செல்களிலிருந்து ஆக்ஸிஜன் நீக்கப்படுகிறது அல்லது அளவு குறைக்கப்படுகிறது.

பின்பு மண்ணிலிருந்து ஆக்ஸிஜன் வேரின் பரப்பு செல்களுக்குப் பரவுகிறது. இதே போன்று வேரில் இருந்து கார்பன்டை ஆக்ஸைடு வெளியேற்றப்படுகிறது. இது எதனைக் காட்டுகின்றது என்றால், பரவுதல் பலதிசைகளில் ஒரே சமயத்தில் நடைபெறலாம் என்பதையும், ஒரு பொருளின் பரவுதல் நிகழ்ச்சி மற்றொரு பொருளின் பரவுதல் நிகழ்ச்சியையும், பரவுதல் திசையையும் பொறுத்ததன்று என்பதையும்தான்.

மெம்ப்ரேன்கள் மூலம் நடைபெறும் பரவுதல் நிகழ்ச்சி இவ்வளவு எளிதாக நடைபெறுவதில்லை. ஏனெனில், அது எல்லாவிதமான பொருள்களையும் அதன் ஊடே ஒரே மாதிரிப் பரவுவதற்கு அனுமதிப்பதில்லை. மெம்ப்ரேன்களின் வேறுபட்ட செலுத்துதிறனை (differential permeability) மனிதனால் உண்டாக்கப்பட்ட பார்ச்மெண்ட் அல்லது செல்லோஃபேன் மெம்ப்ரேன்களின் உதவியாலேயே விளக்கலாம். அவற்றில் காணப்படும் துளைகளின் அளவினைப் பொறுத்தே அவற்றின் ஊடே பரவும் பொருள்களின் தன்மையும், வேகமும் இருக்கும். இந்த அடிப்படை உண்மையை வைத்து ஒரு கொல்லாய்டையும் மிக எளிதாகப் பரவக்கூடிய ஒரு பொருளையும் (கிரிஸ்டலாய்டு) அவை சேர்ந்திருக்கும் பொழுது (mixture) எளிதாகப் பிரித்து விடலாம். இதனை டயாலிஸிஸ் (Dialysis) என்பர். (படம் 5) பரவுதல் நிகழ்ச்சியைப் பற்றிய மேலும் சில பண்புகள் மற்றோர் இடத்தில் கூறப்பட்டுள்ளன.

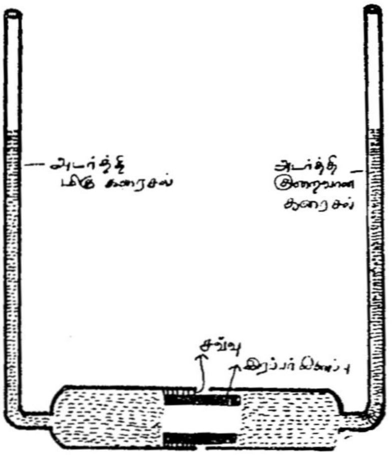


படம் 5
டயாலிஸிஸ்

6. ஆஸ்மாஸிஸ் (Osmosis)

இப்பொழுது அடர்த்தியில் வேறுபட்ட ஒரே பொருளின் இரண்டு கரைசல்களை, கரைப்பானை மட்டும் ஊடுருவ விடும் ஒரு மெம்ப்ரேனால் பிரிக்கும் பொழுது என்ன நிகழ்கிறது என்று பார்ப்போம். இந் நிகழ்ச்சியைப் படத்தில் (படம் 6) காட்டியபடி உள்ள ஒரு வித அமைப்பினால் விளக்கலாம். இந்த அமைப்பில் இரண்டு வளைந்த கண்ணாடிப் புஜங்கள் இணைக்கப்பட்டு ஒரு 'U' வடிவ உபகரணம் உண்டாக்கப்பட்டுள்ளது. புஜங்களின் அடிப்பகுதி அகலமாக்கப்பட்டு இரண்டு அகலமான அறைகள் ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இரண்டு அறைகளையும் ஒரு குட்டையான, தடிப்பான ரப்பர்க்

குழாயால் இணைத்து, காற்றோ நீரோ உள்ளேயோ வெளியேயோ செல்ல முடியாமல் செய்து விடலாம். படத்தில் காட்டிய படி அரை செலுத்து சவ்வினை (Differentially Permeable Membrane) அமைக்க வேண்டும். செறிவு அதிகமான திரவத்தை இடக்கைப் புஜத்திலும், செறிவு மிகக்குறைவான கரைசலை வலக்கைப் புஜத்திலும் ஊற்றவேண்டும். சிறிதுநேரத்தில், மெதுவாக ஆனால் தெளிவாகத் தெரியக் கூடிய ஏற்றம் இடக்கைப் புஜத்தில் காணப்படும்; இதனுடனே வலக்கைப் புஜத்தில் மட்டம் குறைக்கப்படுகிறது. கீழ்க்கண்ட சவ்வுகளை இச் சோதனையில் பயன்படுத்தலாம்: (i) ஆடு அல்லது பன்றியின் சிறுநீரகப்பை; (ii) ஒரு நாள் முழுவதும் நீரில் மூழ்கடிக்கப்பட்ட செல்லோஃபேன் உறை; (iii) கோழிமுட்டைச் சவ்வு (வெளி ஓட்டை எடுத்தவுடன்).



படம் 6

ஆஸ்மாஸிஸ்—நிகழ்ச்சியை விளக்க உதவும் ஆஸ்மா மீட்டர்

மேற்கூறிய சோதனையிலும், அதைப்போன்ற வேறுசில சோதனைகளிலும் நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைவதை விளக்குவதற்கு, கரைபொருள், கரைப்பான் இரண்டினுடைய பரவு அழுத்தத்தைப் பற்றி நாம் அறிந்துகொள்ள வேண்டும். கரைபொருளின் பரவு அழுத்தம் அடர்த்தியான திரவத்தில்தான் மிக அதிகம்; அடர்த்திக் குறைவான திரவத்தில் அன்று. கரைப்பானின் பரவு அழுத்தம் இதற்கு நேர்மாறானது. இதன் காரணமாக எல்லாக் கரைசல்களும், கரைப்பானுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் பொழுது பரவு அழுத்தக் குறைவைக் (Diffusion Pressure deifcit-DPD) கொண்டிருக்கின்றன. கரைசலின் செறிவு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு, அதிகமாக்கப்படுகிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு, கரைப்பானின் மூலக்கூறுகளின் செயல் குறைக்கப்படுகிறது; பரவு அழுத்தக் குறைவு அதே சமயம் அதிகமாக்கப்படுகிறது. ஒரு கரைசலின் பரவு அழுத்தக் குறைவு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக்கப்படுகிறதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதில் உள்ள கரைப்பான் மூலக்கூறுகளின் பரவு அழுத்தம் குறைக்கப்படுகிறது.

பரவு அழுத்தத்தில் உள்ள வேறுபாடு காரணமாக, கரைப்பான் மூலக்கூறுகள் அடர்த்திக் குறைவான கரைசலிலிருந்து அடர்த்தி அதிகமான கரைசலுக்கு இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன. கரைபொருளின் எதிர்த்திசை இடப்பெயர்ச்சி (சவ்வின் ஊடே), சவ்வு தடை செய்வதால் நடைபெறுவதில்லை. இதனால் இடப்பெயர்ச்சி ஒரேயொரு திசையில்தான் நடைபெறுகிறது. இத்தகைய இடப்பெயர்ச்சி (கரைப்பான் மட்டும் சவ்வின் ஊடே செல்லுதல்) ஆஸ்மாஸிஸ் (Osmosis) என்றழைக்கப் படுகிறது.

ஒருசில சவ்வுகள்தாம் கரைப்பானை மட்டும் இடப்பெயர்ச்சி செய்கின்றன. பல சவ்வுகளின் ஊடே கரைபொருளும் கசிவதுண்டு. இத்தகைய சவ்வுகளில் ஆஸ்மாஸிஸ் ஒரு சிறிது காலத்திற்குத்தான் காணப்படும்.

ஆஸ்மாஸிஸைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்: ஒரு கரைசலிலிருந்து (அல்லது முழுதும் கரைப்பானிலிருந்து) கரைப்பான் அதிக அளவு பரவு அழுத்தக்குறைவு கொண்ட மற்றொரு கரைசலை நோக்கி ஒரு சவ்வின் ஊடே இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படுதல் ஆஸ்மாஸிஸ் ஆகும். சாதாரண நிலைகளில், இந்த ஓட்டம் (flow) செறிவு குறைவான கரைசலிலிருந்து செறிவு அதிகமான கரைசலை நோக்கி இருக்கும்; ஏனெனில், செறிவு அதிகமுடைய கரைசல் அதிக அளவு பரவு அழுத்தக் குறைவைக் கொண்டிருக்கும்.

தாவரங்களில் காணப்படும் மிக முக்கியமான கரைப்பான் நீர்தான். தாவரங்களின் ஒவ்வொரு ஸெல்லும் அவற்றின் அரை செலுத்து சவ்வான பிளாஸ்மா சவ்வினால் சூழப்பட்டுத் தனித்தனித் தொகுதிகளாக இருக்கின்றன. இதனால் திசுவினுள்ளே உள்ள ஸெல்களுக்கிடையே நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைவதற்கு ஆஸ்மாஸிஸ் தேவை என்பது கண்டுகூடு. ஸெல் சவ்வின் அரை செலுத்து தன்மைக்கான காரணம் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. எனினும் சவ்வின் வேதியியல் தன்மையும், அது தொடர்பு கொண்டிருக்கும் பொருள்களின் வேதியியல் தன்மையும் இந் நிகழ்ச்சிக்கு மிக முக்கியமாகும். மேலும், ஒரு ஸெல் சவ்வின் ஊடே கடத்தும் தன்மை (Permeability), உயிருள்ள புரோட்டோபிளாஸத்தைப் பாதிக்கும் எந்த அம்சத்தாலும் பாதிக்கப்படுகிறது.

மேலே விளக்கப்பட்ட சோதனை போன்றவற்றில், திரவத்தின் மட்டத்தில் ஏற்றம் வரம்பற்றுத் தொடருவதில்லை. ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் ஏற்றம் தடைபட்டு நிறுத்தப்படுகிறது. இந்தத் தடைக்கான சூழ்நிலைகள் பற்றிக் கீழே காண்போம். ஆரம்பத்தில் காணப்பட்ட விசை, இரண்டு கரைசல்களுக்கும் இடையில் காணப்பட்ட பரவு அழுத்தக்குறைவில் உள்ள வேறுபாடுதான். ஆனால், சீக்கிரத்தில் இரண்டாவது அம்சம் முக்கிய பங்கேற்கிறது. இது, இடதுபக்கத்து புஜத்தில் உண்டாக்கப்படும் கீழ்நோக்கி உண்டாக்கப்பட்ட (Down ward) அழுத்தமாகும். இந்த அழுத்தத்திற்குக் காரணம் இரண்டு புஜங்களின் மட்டத்தில் காணப்படும் உயர வித்தியாசம்தான். இந்த அழுத்தம் இடது புஜத்தில் சோதனைக்குப்பின் திரவம் ஏறிய உயரம், அப்புஜத்தில் காணப்படும் கரைசலின் அடர்த்தி ஆகியவற்றின் பெருக்கலே (Product) ஆகும். இந்த அழுத்தம் இரண்டு கரைசல்களின் பரவு அழுத்தக் குறைவில் ஏற்படும் வித்தியாசத்திற்குச் சமமாக ஆகும் பொழுது, ஆஸ்மாஸிஸ் நிறுத்தப்படுகிறது; இதன்பின் புஜங்களின் கரைசல் உயரத்தில் எந்தவித மாற்றமும் ஏற்படுவதில்லை.

இடதுகைப் புஜத்தில் ஏற்படும் மட்ட உயர்வை (Rise in level) நிர்ணயிக்கும் மிக முக்கியமான அம்சம் இரண்டு கரைசல்களுக்கும் இடையில் உள்ள அடர்த்தி வேறுபாடு (அதாவது பரவு அழுத்தக் குறைவுகள்) தான் என்பது இப்பொழுது தெளிவாகத் தெரிகிறது. வலதுகைப் புஜத்தில் வெறும்நீர் இருந்தால், இடதுகைப் புஜத்தில் ஏற்படும் மட்ட உயர்வு மிகவும் அதிகமாக இருக்கும். அதே போன்று இடதுகைப் புஜத்தில் உள்ள கரைசல் எவ்வளவுக் கெவ்வளவு அடர்த்தியாக, இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதன் ஆஸ்மாடிக் வீரியமும் அதிகமாகும். இந்த வீரியத்தை அளப்பது அல்லது நிர்ணயம் செய்வது பயனுள்ள ஒன்றாகும். இந்த நிர்ணயத்திற்கு ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் (Osmotic pressure) என்ற சொல்லைப் பொதுவாகப் பயன்படுத்துவர். இதனைக் கீழ்க் கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்; ஒரு கரைசலையும், உண்மையான கலவையற்ற கரைப்பானையும் (Pure solvent), கரைப்பானை மட்டும் ஊடுருவவிடும் ஓர் அரை செலுத்து சவ்வால் பிரிக்கும் பொழுது, கரைசலின் பரவு அழுத்தக் குறைவைச் சமன்படுத்தி ஆஸ்மாஸிஸை நிறுத்தக்கூடிய, கரைசலின்மேல் செலுத்தப் படுகின்ற அழுத்தம்தான் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் (The pressure which must be applied to that solution when separated from pure solvent by a membrane permeable only to the solvent, is order to exactly counter balance the diffusion pressure deficit of the solution, and so prevent osmosis). இந்த வரையறையை மேற்

கூறிய சோதனைக்கு உபயோகித்தால், இடதுபுஜக் கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் (மட்ட ஏற்றம் நிறுத்தப்படும் பொழுது), இரண்டு புஜங்களின் திரவங்களிடையே உள்ள மட்டத்தின் வித்தியாசத்தை, கரைசலின் அடர்த்தியால் பெருக்கிய தொகை தான் (வலது புஜத்தில் கலப்படமற்ற நீர் இருந்தால்தான் இது பொருந்தும்). இந்நிலையில் இடது புஜத்தில் உள்ள கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம், சோதனை ஆரம்பிக்கும் முன் இருந்த கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுந்தத்தின் அளவு இருக்காது. ஏனெனில் இதில் வலதுபுஜ நீரின் வரவால் அடர்த்தி குறைக்கப் பட்டுள்ளது.

ஒரு கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் பொதுவாக அட்மாஸ் பெரிக் அழுத்தமாகக் கொடுக்கப்படுகிறது. மேலே விவரிக்கப் பட்டவற்றிலிருந்து ஒன்று தெளிவாகிறது. சாதாரண நிலையில் ஒரு கொடுக்கப்பட்ட கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் அதனுடைய பரவு அழுத்தக் குறைவிற்குச் சமமாக இருக்கும்.

ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தை நிர்ணயம் செய்வதற்கு மேலே கூறியமுறை உண்மையான அளவினைக் கொடுக்காது. ஏனெனில் கரைசல் அதிக அளவிற்கு நீராக்கப்படுகிறது (Diluted); நடைமுறையில் எந்தச் சவ்வும் கரைபொருளை முழுதும் ஊடுருவச் செய்யாமல் தடை செய்வதில்லை இதன் காரணமாக நிர்ணயம் செய்யப்படும் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தின் அளவு கரைசலின் உண்மையான ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்காது. மேற்கூறிய தடங்கல்களை நீக்குவதற்கு ஃபெப்ஃபர் (Pfeffer 1877) கண்டுபிடித்த உபகரணத்தை உபயோகப்படுத்தி ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தை நிர்ணயம் செய்யலாம். மிகவும் கவனத்துடன் தயாரித்த களிமண் பாண்டத்திற்குள், நீர் அதிக முள்ள கூப்ரிக் ஸல்பேட் (Cupric Sulphate) கரைசலை அவர் ஊற்றினார். இந்தப் பாண்டங்கள் பின்பு மிகவும் நீர்த்த பொட்டாசியம் பெர்ரோசயனைடு (Dilute potassium ferrocya nide) உள்ள சூடுபடுத்தப்பட்ட ஒரு பாத்திரத்தில் வைக்கப் பட்டன. இரண்டு கரைசல்களும் ஒன்றை நோக்கி ஒன்று பரவி, எங்கு ஒன்றையொன்று சந்திக்கின்றனவோ அங்கு வீழ்படிந்து (Precipitate) ஒரு விதமான வேதியியல் சவ்வினை (Chemical membrane) உண்டாக்கின. இத்தகைய சவ்வுகள் கவனமாகத் தயாரிக்கப்பட்டதால் நல்ல முடிவுகளைக் கொடுத்தன.

மேற்கூறிய முறையில் நீர் அதிகமுள்ள சர்க்கரைக் கரைசலுக்கு ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கரைசலுக்கு வாயு விதிகள் (Gas laws) நன்றாகப்

பொருந்துகின்றன. அதாவது PV=nRT, P=கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல் (Osmotic potential), V=கரைசலின் லிட்டர் அளவு, n=கரை பொருளின் கிராம்-மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கை (Number of gram—molecules of solnte), R=வாயு சமன்பாடு 0·083 லிட்டர்-அட்மாஸ் ஃபியர்கள் (Gas Constant 0·083 litre-atmospheres), T=வெப்பநிலை (Absolute temperature). எனவே, நிலையான வெப்பநிலையில், அதிக நீர் கொண்ட சர்க்கரைக் கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல் அதன் செறிவை நேரடியாகப் பொறுத்தது. உதாரணமாக, 20°C ல், ஒரு 0·10 மோலார் கரைசல் 2·6 அட்மாஸ்பியர் அளவு ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலைக் கொண்டது; 0·20 மோலார் கரைசலுக்கு 5·3-ம், 0·40 மோலார் கரைசலுக்கு 11·1 அட்மாஸ்பியர்கள். இந்தக் கொள்கை பெரும்பாலான எலெக்ட்ரோலைட் அல்லாத பொருள்களுக்குப் பொருந்தும். ஆனால் எலெக்ட்ரோலைட்களுக்கு இது பொருந்தாது. ஏனெனில் அவை நீரில் அயனிகளாகப் பகுப்படைகின்றன.

ஒரே ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலை உடைய இரு கரைசல்கள் சமன் அழுத்தக் கரைசல்கள் (Isotonic) என்று கூறப்படுகின்றன. ஒரு பொருளின் A கரைசல் B கரைசலைவிட அதிக ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலைப் பெற்றிருந்தால், A கரைசல் உயர் அழுத்தக் கரைசல் (Hypertonic) என்றும் B கரைசல் தாழ் அழுத்தக் கரைசல் (Hypotonic) என்றும் கூறப்படுகிறது.

2. பாரங்கைமா ஸெல்

(The parenchyma cell)

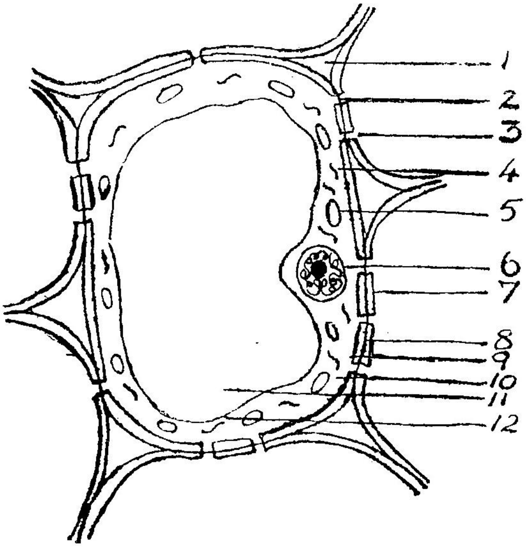
தாவர உறுப்புகளின் பெரும்பகுதியை நிரப்பும் மெல்லிய ஸெல் சுவர் கொண்ட உயிருள்ள ஸெல்களுக்கு பாரங்கைமா ஸெல்கள் என்று பெயர். தாவர-நீர்த் தொடர்பில் (Plant-water relation) பெரும் பங்கு வகிக்கும் வேர், தண்டு, இலை ஆகியவற்றில் காணப்படும் அடிப்படைத்திசுவாக இது இருப்பதால், இதன் அமைப்பினையும், இது செயல்படும் முறையையும்பற்றி அறிந்து கொள்வது மிக முக்கியமாகும்.

1. ஸெல்லின் முக்கியமான தன்மைகள்

பாரங்கைமா ஸெல்களின் உருவமும், அளவும் பெரிதும் வேறுபட்டாலும், அவை எல்லாம் ஒரு சில அடிப்படைப் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன. ஓர் அடிப்படைப் பாரங்கைமா ஸெல்லின் அமைப்பு படத்தில் (படம் 7) கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஸெல்லின் பெரும் பகுதியை அடைத்துக் கொள்வது திரவப்பொருள் நிறைந்த வாக்யோல் (Vocuole) தான். இந்தத் திரவப் பொருள் பெரிதும் அதிக நீர் கொண்ட, மிகக் குறைந்த எடையுள்ள மூலக் கூறுகளையுடைய கூட்டுப் பொருள்களின் கரைசலாகும். இப் பொருள்களில் கனிம உப்புகளும், அங்கக அமிலங்களும் முக்கியமானவை.

வாழ்வியல்படி, ஸெல்லின் மிக முக்கியமான பகுதி ஸைட்டோபிளாஸம்தான். முதிர்ந்த பாரங்கைகா ஸெல்லில் இது வாக்வோலைச் சுற்றி மெல்லிய படலமாக அமைந்துள்ளது. ஸைட்டோபிளாஸத்தையும், வாக்வோலையும் பிரிக்கும் சவ்வு டோனோபிளாஸ்ட் (Tonoplast) எனக் கூறப்படுகிறது. ஸைட்டோபிளாஸத்தின் வெளிப்புறத்தில் உள்ள சவ்வு பிளாஸ்மா சவ்வு எனக் கூறப்படுகிறது. இந்தச் சவ்வு மற்றொரு புறத்தில் ஸெல் சுவருடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. ஒரு ஸெல்லை மற்றொரு ஸெல்லிலிருந்து பிரிப்பது ஸெல் சுவர் ஆகும்.

பாரங்கைமா செல்லின் உறை செல்லுலோஸ், பெக்டின் பொருள்களாலான பிரைமரி உறையாகும். இவ்வுறையில் பல தனியான குழிகளும், குழி ஜோடிகளும் காணப்படுகின்றன. ஒரு சில குழிகளின் ஊடே இரண்டு செல்களை இணைக்கும் சைட்டோ



படம் 7

பாரங்கைமா செல் அமைப்பு

1. செல்லிடை வெளி 2 பிளாஸ்மோடெஸ்மா 3 எளிய குழி ஜதை 4. மைட்டோகாண்டிரியா 5. கணிகம் 6. நூக்லியஸ் 7. பிரைமரி உறை 8. நடு அடுக்கு 9. பிளாஸ்மா சவ்வு அமைந்திருக்கும் இடம் 10. சைட்டோபிளாஸம் 11. வாக்வோல் 12. டோனோபிளாஸ்ட்

பிளாஸ இழைகள் (Plasmodesomata) காணப்படுவதுமுண்டு. சைட்டோ பிளாஸத்தில் பல உயிருள்ள உள்ளடக்கப் பொருள்களும், உயிரற்ற உள்ளடக்கப் பொருள்களும் காணப்படுகின்றன. ஒரு கோள வடிவான நூக்லியஸும் செல்லின் உள்ளே காணப்படுகிறது. செல்லின் உறை, பிளாஸ்மா சவ்வு, டோனோபிளாஸ்ட், வாக்வோல், சைட்டோ பிளாஸம் ஆகியவையே தாவரத்தின் தாவர—நீர்த் தொடர்பைப் (Plant-water relation) பெரிதும் பாதிப்பதால் அவற்றைப் பற்றி மேலும் கூறப்பட்டது.

2. புரோட்டோ பிளாஸத்தின் தன்மை (Nature of Protoplasm)

செல்லின் சைட்டோ பிளாஸமும், நூக்லியஸும் சேர்ந்தது புரோட்டோபிளாஸமாகும். புரோட்டோ பிளாஸம்தான் பலவகையான அங்ககக் கிரியைகள் நடைபெறும் இடமாகும். ஒவ்வொரு கிரியைக்கும் பல விதமான கச்சாப் பொருள்கள் தேவைப்படுகின்றன. செல்லின் புரோட்டோ பிளாஸத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் ஒரே சமயத்தில் பலவிதமான வேதியியல் நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. நீரும் இந் நிகழ்ச்சிகளுக்குப் பல வகையில் தேவைப்படுகிறது. எனவே, தாவர—நீர்த் தொடர்பில் புரோட்டோ பிளாஸம் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. இதன் காரணமாக புரோட்டோ பிளாஸத்தின் ஒருசில முக்கிய மான பண்புகளைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ளல் மிக அவசியம்.

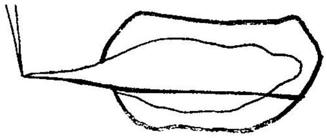
(a) விஸ்கஸ் தன்மை (Viscosity)

புரோட்டோ பிளாஸத்தின் விஸ்கஸ் தன்மை ஒரே செல்லின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் பெரிதும் வேறுபடுகிறது. ஸால் நிலையில், பிரௌனியன் நகர்ச்சியைக் காணலாம்; ஸால் மிக எளிதாக ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு ஓடக்கூடியது. எனினும் ஸாலின் விஸ்கஸ் தன்மை நீரினை விட மிக அதிகம். ஸால் நிலையில் புரோட்டோபிளாஸம் இருக்கும்பொழுது அது செல்லில் வாக்வோலைச் சுற்றி சைட்டோபிளாஸ உட்பொருள்களுடன் நகர்ச்சியடைகிறது. இதனைச் சுற்று ஓட்டம் (Cyclosis) என்பர். இது ஹைட்ரில்லா (Hydrilla), எலோடியா (Elodea) போன்ற தாவரங்களின் இலைகளின் செல்களில் தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஒரு விநாடிக்கு $\frac{1}{10}$ மி.மீ. தூரம்வரை இந்த நகர்ச்சிகாணப்படுகிறது. இந் நகர்ச்சியின் விளைவாக வளர்சிதை மாற்றப் பொருள்கள் செல்லின் பல்வேறு பாகங்களுக்குக் கொண்டு செல்லப்படுகிறது. திடீரென்று சால் நிலையிலிருந்து ஜிலேஷன் (Gelation) நிகழ்ச்சி மூலம் ஜெல் நிலை புரோட்டோ பிளாஸத்தில் ஏற்படுவதுண்டு. இப்பொழுது பிரௌனியன் நகர்ச்சி நிறுத்தப்படுகிறது. pH-ல் மாற்றம், வெப்பநிலை மாற்றம், ஒரு சில கிரியையை ஊக்குவிக்கும் பொருள்களின் (Reagents) சேர்க்கை ஆகியவை ஸால்→ஜெல் மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதாகத் தெரிகிறது. திக்ஸோடிரோ ஃபியும் (Thixotrophy) சில சமயம் காணப்படும். செயல் ஊக்க முள்ள செல்களில் பொதுவாக புரோட்டோபிளாஸம் ஸால் நிலையிலும், செயலற்ற மந்த செல்களில் புரோட்டோ பிளாஸம் ஜெல் நிலையிலும் காணப்படுகின்றது.

புரோட்டோபிளாஸம் ஓர் உண்மையான நியூட்டன் திரவத்தின் (Newtonian fluid) தன்மையிலிருந்து மாறுபடுகிறது. வெவ்வேறு அழுத்தத்தை உபயோகிக்கும்பொழுது புரோட்டோ பிளாஸ ஓட்டம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதைப் பற்றி ஆராயும் பொழுது மேற்கூறிய கருத்து தெளிவாகிறது. உண்மையான திரவங்கள் அவற்றின் மீது செலுத்தப்படும் அழுத்தத்திற்கு ஏற்ப ஓட்ட வீதத்தினைக் (Rate of flow) கொண்டிருக்கும். ஆனால், புரோட்டோபிளாஸம் இதிலிருந்து பெரிதும் மாறுபடுகிறது.

(b) மீள்சக்தி (Elasticity)

திரவ நிலையில் இருந்தால் கூட மீள்சக்தி கொண்டிருக்கிறது. புரோட்டோ பிளாஸத்தை இழைகளாக இழுக்கமுடியும் என்றும், இழுப்பதை நிறுத்தினால் இழைகள் மீண்டும் பழைய நிலையை அடைகின்றன என்றும் ஸீப்ரிஜ் (Seifriz) என்பவர் கண்டுபிடித்



படம் 8
புரோட்டோ பிளாஸத்தின் மீள்சக்தி.

தார். இப் பண்பும் புரோட்டோ பிளாஸ மூலக்கூறுகளின் அடிப்படை அமைப்பைக் (frame work) குறிக்கிறது.

(c) ஒளித்தன்மைகள் (Optical properties)

புரோட்டோபிளாஸம் நிறமற்றது. ஒளியின் எல்லா ஒளியலைகளும் (Wavelengths) புரோட்டோபிளாஸத்தின் ஊடே செல்லுகின்றது. புரோட்டோபிளாஸம் ஒரு திசையில் ஓடும் பொழுது அதன் ஊடே ஒளியினைச் செலுத்தினால், துருவமடையும் திசை திருப்பப்படுகிறது (Plane of polarisation rotated). இந்தப் பண்பை பைரெப்ரின்ஜென்ஸ் (Birefringence) என்பர்.

(d) உள்ளீர்த்தல் (Imfibition)

இந்நிகழ்ச்சி பற்றி ஏற்கெனவே கூறப்பட்டது.

(e) ஒரு சேர இணைதல் (Coagulation)

பல நீர் விரும்பும் கொல்லாய்டுகள் போன்று, புரோட்டோ பிளாஸமும் ஒரு சிறிது எலெக்ட்ரோலைட் சேர்க்கையால் நிலையாக இருக்கிறது (Stable). ஆனால் அதிக அளவு சேர்க்கையால் புரோட்டோபிளாஸ மூலக்கூறுகள் ஒரு சேர இணைந்து (Coagulate), இறப்பை உண்டாக்குகிறது. இந்நிகழ்ச்சியை 45°C வெப்பநிலைக்கு மேல் உள்ள வெப்பநிலையும், அயனி X-கதிர்களும் (ionising X-radiations) உண்டாக்கலாம். இதற்குக் காரணம் புரோட்டீன்கள் தம் தன்மையை இழத்தல் (dinaturation) தான். புரோட்டோபிளாஸத்தில் நீர் குறைவாக இருக்க இருக்க இந் நிகழ்ச்சி நடைபெறுவது தாமதப்படுகிறது.

3. பிளாஸ்மா சவ்வும் செலுத்து திறனும்

(Plasma membrane and Permeability)

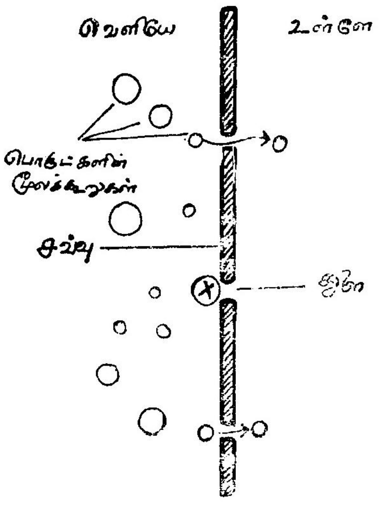
சென்ற அத்தியாயத்தில், சைட்டோபிளாஸத்தின் வெளிப்புறத்தில் பிளாஸ்மா சவ்வு அல்லது பிளாஸ்மாலெம்மா காணப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். முதல் அத்தியாயத்தில் பார்த்த சவ்வு வகையைச் சார்ந்தது என்றும் அறிந்தோம். ஆனால், உண்மையில் பிளாஸ்மா சவ்வு முழுவதும் அரை செலுத்து சவ்வு அல்ல என்பது மிகத் தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஏனெனில் அப்படி இருக்குமேயானால் நீர் மட்டும்தான் இந்தச் சவ்வின் மூலம் ஊடுருவமுடியும்; மற்றப் பொருள்கள் ஊடுருவ முடியாது. ஆனால் செல்லுக்கு நீரைத்தவிர மற்றப் பொருள்களும் தேவை! அவையும் செல்லின் உட்பகுதியை அடையவேண்டும். நீரைத் தவிர இச்சவ்வின் ஊடே எளிதாகச் செல்லும் பொருள்களில் முக்கியமானவை. அம்மோனியா, கார்பன்டை ஆக்ஸைடு, ஆக்ஸிஜன் போன்றவையாகும். எனவே பிளாஸ்மா சவ்வு தேர்வு செலுத்து சவ்வாகச் செயல்படுகிறது (Selectively permeable memberane).

பிளாஸ்மா சவ்வு தேர்வு செலுத்து சவ்வாக இருப்பது செல்லுக்குப் பெரும் வகையில் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. எல்லாப் பொருள்களையும் செல்லிற்கு வெளியேயும், உள்ளேயும் தன்னூடே செலுத்தும் திறனை பிளாஸ்மா சவ்வு கொண்டிருந்தால், பொருள்களின் செறிவு செல்லினுள் மிக அதிகமானால் அவை செல்லை விட்டு எளிதாக வந்துவிடும். இந்நிலையைத் தடுப்பதற்குத்தான் இச்சவ்வு தேர்வு செலுத்து சவ்வாக இருக்கிறது. முதல் பத்தியில் கூறப்பட்டது போன்று இச்சவ்வு அரை செலுத்து சவ்வாகவும் இருக்கமுடியாது.

பிளாஸ்மா சவ்வின் ஊடே பொருள்கள் எவ்வாறு பரவுகின்றன என்பது இதுவரை மிகத் தெளிவாகத் தெரியவில்லை.

ஆனால் இதைப்பற்றிச் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சியின் விளைவாக, இந்நிகழ்ச்சி மூன்று முறைகளில் நடைபெறலாம் எனத் தெரிய வருகிறது. அவையாவன: (1) பரவுதல் (Diffusion) (2) எளிதாக்கப்பட்ட பரவுதல் (Facilitated diffusion) (3) உயிர்த் தன்மையுடையை வீரியக் கடத்தல் (Living active transport).

ஒரு பொருள் சவ்வின்வழியாகக் கடத்தப்படுவதைச் செலுத்து திறன் (Permeability) என்பர். செலுத்துதிறன் எவ்வாறு சவ்வின் ஊடே செயல்படுகிறது என்பது பற்றித் தெளிவாகத் தெரிய வில்லை எனினும் இரண்டு முக்கிய கோட்பாடுகள் உள்ளன. அவை யாவன (1) சல்லடைக் கோட்பாடு (Sieve principle) (2) கரைதல் கோட்டுபாடு (Solubility principle).



படம் 9

சல்லடைக் கோட்பாடு—துவாரத் தைவிட உருவத்தில் பெரிதான மூலக் கூறுகள் சவ்வின் வெளி யிலேயே தடுத்து விடப் படுகின்றன.

(1) சல்லடைக் கோட்பாடு: இது டிராய்ப் (Traub) என்பவரால் முதன் முதலில் விளக்கப்பட்டது. இக்கொள்கைப்படி பிளாஸ்மா சவ்வு சல்லடைத் துவாரங்கள் போன்ற பல நுண்ணிய துளை களைக் கொண்டது என்றும், இத்துளைகளின் வழியாக எந்த எந்தப் பொருள்கள் உட்புக முடியுமோ அவை மட்டுமே இச் சவ்வின் ஊடே செல்லமுடியும் என்பது டிராய்பின் கூற்றும். துளையைவிட உருவத்தில் பெரிதான மூலக்கூறுகள் சவ்வின் வெளியிலேயே தடுத்து விடப்படுகின்றன என்றும் டிராய்ப் கருதினர்.

அம்மோனியா (மூலக்கூறு எடை; மூ. எ. 17), கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு (மூ. எ. 44), ஆக்ஸிஜன் (மூ. எ. 32) போன்ற குறைவான மூலக் கூறு எடை கொண்ட பொருள்கள் சவ்வினூடே மிக எளிதாகவும், விரைவாக வும் செலுத்தப்பட்டாலும், மூலக்கூறின் அளவிற்கும் செலுத்து திறனுக்கும் யாதொரு தொடர்பும் இல்லை என்பது தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஏனெனில் அட்ரோபைன் (Atropine, மூ. எ. 289),

கோக்கைன் (Cocacine மூ 303) மற்றும் பல ஆல்கலாய்டுகள் (alcoloids) (அளவு அதிகமான) சவ்வின் ஊடே கடத்தப்படுதலும் மிகக் குறைவான மூலக்கூறு எடைகொண்ட கிளைஸீன் (Glycine. மூ. எ. 87), போன்ற அமினோ அமிலங்கள் இச்சவ்வின் ஊடே கடத்தப்படாமல் இருப்பதும் மேற்கூறிய கருத்தை மேலும் வலியுறுத்துகிறது.

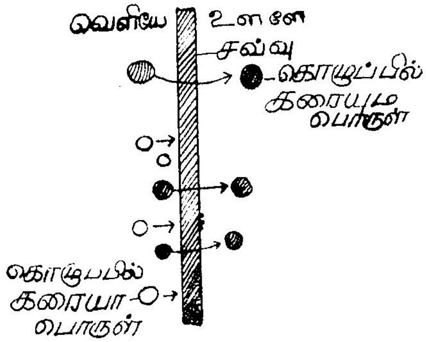
பெரும்பாலான தாவரங்களின் செல்களில் உள்ள பிளாஸ்மா சவ்வு உண்மையிலேயே சல்லடை போன்று பல நுண்துவாரங்களைக் கொண்டனவா என்பது தெளிவாக்கப்படவில்லை எனினும், ஒரு சில பாக்டீரியங்களின் செல்களில் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் அவற்றின் பிளாஸ்மா சவ்வில் நுண் துவாரங்கள் இருப்பதை நிரூபித்திருக்கின்றன. உதாரணமாக, ருஹ்லேண்டும் (Ruhland) மற்றவர்களும் பெக்கியோட்டாவா (Beggiotoa) என்ற பாக்டீரியத்தில் நுண்துளைகள் இருப்பதை நிலைநிறுத்தியிருக்கிறார்கள். இதைப் போன்ற ஒரு சில உதாரணங்களிலாவது கடத்தப்படும் பொருள்களின் மூலக்கூறுகளின் அளவுக்கும் அவற்றின் சவ்வில் உள்ள துவார அளவிற்கும் தொடர்பிருக்கலாம் எனத் தெரியவருகிறது.

(2) கரைதல் கோட்பாடு (Solubility principle)

சவ்வின் வேதியியல் தன்மையும், அது தன்னூடே செல்ல அனுமதிக்கும் பொருள்களுடன் கொண்டுள்ள உறவு தெரிந்தும் எழுப்பப்பட்ட கோட்பாடுகளில் முக்கியமானது கரைதல் கோட்பாடு ஆகும். ஜெர்மன் நாட்டு உயிர் இயல் விஞ்ஞானியான ஃபெப்ஃபர் (Pfeffer) என்பவரால் உருவாக்கப்பட்ட இக்கோட்பாட்டின்படி சவ்வின் ஊடே செல்லும் பொருள்களின் மூலக்கூறுகளின் அளவினைத் தவிர, சவ்வின் செலுத்து திறனை அப்பொருள்கள் சவ்வில் கரைக்கூடியதா இல்லையா என்பதும் பெரிதும் பாதிக்கிறது. இதே அத்தியாயத்தின் பிற்பகுதியில் பிளாஸ்மா சவ்வின் வேதியியல் தன்மையும், அமைப்பும் விளக்கப்பட்டுள்ளது. லைபிட்கள் (Lipids) அவற்றின் அமைப்பில் பெரும்பங்கு வகிப்பதாகத் தெரிகிறது.

சவ்வின் ஊடே செல்லும் பொருள்கள் இந்த லைபிட்களில் முதலில் கரைந்து பின்னால் கரைந்த நிலையில் செல்லின் உள்ளே இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படுகின்றன என்று கூறுகிறது. கரைதல் கோட்பாடுகளில் ஒன்று லைபிட்கோட்பாடு (Lipoidal theory). இக்கோட்பாட்டினை ஓவர்டன் (Overton) என்பவர் முதன்முதலில்

விளக்கினர். செல் சவ்வில் லேபிட் இருப்பதால், அதில் கரையக்கூடிய பொருள்களையே பிளாஸ்மா சவ்வு எளிதாகத் தன்னூடே அனுமதிக்கிறது என்று, அதில் கரையாத மற்றப் பொருள்கள் (உதாரணமாக நீர் சம்பந்தமான பொருள்கள். ஊடே அனுமதிக்கப்படுவதில்லை என்பது ஓவர்டனின் கூற்றுகும். முதல்வகைக் கோட்பாட்டின்கீழ் சவ்வின் ஊடே என்னென்ன



படம் 10

கரைதல் கோட்பாடு :- கரையக் கூடிய பொருள்களையே பிளாஸ்மா சவ்வு எளிதாகத் தன்னூடே அனுமதிக்கிறது என்றும் கரையாத மற்றப்பொருள் களூடே அனுமதிக்கப்படவில்லை என்றும் காட்டும் படம்.

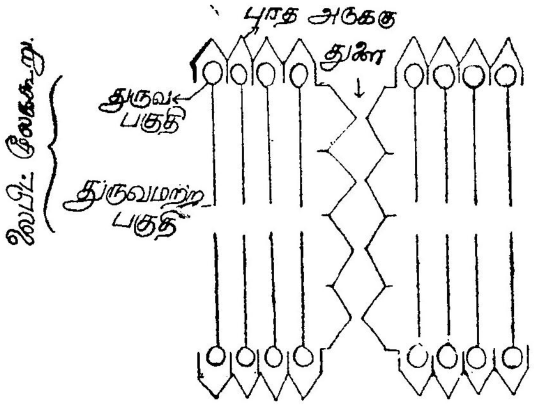
பொருள்கள் எளிதாகச் செல்கின்றன; எவையெவை செல்லவில்லை என்று பார்த்தோம். கொழுப்பில் கரையக்கூடிய கோக்கைன் போன்ற ஆல்கலாய்டுகள் எளிதாக சவ்வின் வழியாக செல்லுக்குள் இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படுகின்றன. இப் பொருள்களின் மூலக்கூறு எடையும் மிகமிக அதிகம் என்றும் பார்த்தோம். எனவேதான் மூலக்கூறு எடையைவிட, பொருள் களின் கொழுப்பில் கரையும் தன்மைதான் சவ்வின் செலுத்து திறனை நிர்ணயம் செய்கிறது என்று இக்கோட்பாடு வலியுறுத் கிறது.

எனினும் இக் கோட்பாட்டுக்குப் புறம்பான ஆதாரங்கள் பல இருக்கின்றன. லேபிட்களில் கரையாத பல பொருள்கள் சர்க்கரை, கிளைஸைன் போன்ற அமினோ அமிலங்கள் போன்றவை) செல் சவ்வின் ஊடே எளிதாக இடப்பெயர்ச்சி யடைகின்றன. இத்தகைய பொருள்கள் இடப்பெயர்ச்சி யடைவதை விளக்குவதற்காக நாதன்ஸன் (Nathamson) என்பவர் மொஸைக் கோட்பாடு (Mosaic theory) என்ற கோட்பாட்டை

விளக்கியுள்ளார். சவ்வில் லிபிட் தவிர புரதமும் உள்ளது (பின்னால் பார்க்க). இந்த இரண்டு பொருள்களும் கலந்து மொஸைக் அமைப்பை உண்டாக்குகின்றன. கொழுப்பில் கரையக்கூடிய பொருள்கள் கொழுப்பினூடேயும், மற்றப் பொருள்கள் புரதத்தின் ஊடேயும் செல்கின்றன என்றும் இக் கோட்பாடு கூறுகிறது. எனினும் இக் கோட்பாட்டுக்குச் சரியான ஆதாரம் கிடையாது.

பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு (Structure of Plasma membrane)

பிளாஸ்மா சவ்வின் (டோனோபிளாஸ்டின் அமைப்புகூடதான்) அமைப்பின் அடிப்படை, பாஸ்போலிபிட்களின் இருமூலக் கூறு அடுக்குதான் (Bimolecular layer of Phosphloipids) இருக்க வேண்டும் என்று பலராலும் நம்பப்படுகிறது. பாஸ்போலிபிட் என்பது ஒரு நீளச் சங்கிலி போன்ற மூலக்கூறாகும்; அதன் ஒரு முனை நீருடன் இணையும் கவர்ச்சியைக் (Strong affimity for water) கொண்டிருக்கிறது. இம்முனையை நீர் விரும்பு முனை (Hydrophilic Pole) என்பர். எதிர்முனை நீரினை விட்டு விலகும் தன்மையுடையதாக (Repel from water) இருந்து, கார்பன், ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் மட்டும் கொண்டு காணப்படுகிறது. இந்த முனை மற்ற ஹைட்ரோகார்பன்களை (Hydro Carbons) ஈர்க்கும் தன்மையுடையதாக இருந்து, கொழுப்பு விரும்பு (bipophilic) முனையாகச் செயல்படுகிறது. எனவே, இந்த மூலக்கூறுகள் அடுக்குகளை உண்டாக்குவதற்குச் செயல்படுகின்றன. ஒவ்வோர் அடுக்கும்



படம் 11

பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு—டேனியல்லியின்கூற்றுப்படி.

இரண்டு மூலக்கூறு தடிப்பு உள்ளவை. இந்த அடுக்குகளின் கொழுப்பு விரும்பும் முனைகள் ஒன்றை ஒன்று நோக்க இருக்குமாறு அமைந்து, நீர்விரும்பு முனைகள் எதிர்ப்பக்கத்தில் அமைந்திருக்கின்றன. இந்த இரண்டாவது நீர்விரும்பு முனைகள் துருவத் தன்மை வாய்ந்து, மின்சக்தியையும் கொண்டது. எனவே, அவற்றிற்கு எதிரான மின்சக்தி (Opposite Charge) கொண்ட புரத மூலக்கூறுகளின் பகுதிகளைக் கவர்கிறது. இது இருமூலக் கூறு பாஸ்போலைபிட் அடுக்கை உண்டாக்குகிறது. இந்த அடுக்கின் இரண்டு பக்கத்திலும் புரதம் ஒட்டப்பட்டுக் காணப் படும். சவ்வில் பல அளவுகளில் துவாரங்கள் இருப்பதற்கு வாய்ப்பு இருக்கிறது. படம் 11 பிளாஸ்மாசவ்வின் அமைப்பைக்காட்டுகிறது. இந்த அமைப்பினை முதன் முதலில் கூறியவர் டேனியல்லி (Danielli) என்பவராவர். இந்த அமைப்பின் முக்கிய அம்சங்கள் எல்லாம் 1940-ல் இருந்து தெரியவந்தாலும் (மறைமுகமானக் கண்டுபிடிப்பு களால்), டேனியல்லிதான் இச் சவ்வின் முக்கிய பண்புகளையும். அமைப்பினையும் விளக்கினர். இந்தச் சவ்வு கிட்டத்தட்ட 80Å அல்லது 8 மி μ தடிப்புடன் காணப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் மைக்ரோஸ் கோப் ஆராய்ச்சிகளின்படி, பிளாஸ்மா சவ்வு ஜதையின் ஒவ்வோர் உறுப்பும் கிட்டத்தட்ட 20Å தடிப்புள்ள கறுப்புப் பகுதியாகக் காட்சியளிக்கிறது. இப்பகுதி புரோட்டின் அடுக்குகளைக் குறிக்கும். இந்த இரண்டு அடுக்குகளுக்கு இடையில் சற்று அடர்த்தி குறைவான 35Å தடிப்புள்ள பகுதி காணப்படு கிறது. இது லைபிட் பகுதியைக் குறிக்கும். மொத்தத்தில் இவ்வாராய்ச்சிகளின் விளைவாக 75Å தடிப்புள்ளதாக பிளாஸ்மா சவ்வு இருக்கிறது. இக் கண்டுபிடிப்பு டேனியெல்லியின் கூற்றைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கிறது.

4. செல் திசுக்களின் நீர் உறவுகள்
(Water relations of Cells and tissues)

1. செல் ஓர் ஆஸ்மாடிக் அலகு (Cell as an Osmotic unit)

செல்லின் உள்ளேயோ அல்லது செல்லிலிருந்து வெளியேயோ நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைவதற்கு மூன்று அமைப்புகள் மிக முக்கியமானவை. அவையாவன;

(a) வாக்வோல் (Vacuole)

வாக்வோல் பற்றி ஏற்கெனவே ஒரு சிறிது பார்த்தோம். இதில் கனிம உப்புகள், சர்க்கரைகள், (குளுக்கோஸ், பிரக்டோஸ், சுக்ரோஸ்), அங்கக அமிலங்கள், அவற்றின் உப்புகள் ஆகியவை நீருடன் சேர்ந்து கரைசல் நிலையில் காணப்படுகிறது. இதன் காரணமாக வாக்வோல் சாறு மிக அதிகமான ஆஸ்மாடிக் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளது; பொதுவாக இதன் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல் 5 முதல் 20 அட்மாஸ்பியர்கள் வரை இருக்கிறது. எனினும் உண்மையான அளவு, தாவரத்தையும் அதன் திசுவையும் பொறுத்தது. இலைகளிலும், மற்றப் பகுதிகளிலும் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல் நிலையாக இல்லாமல் மாறிக் கொண்டே இருக்கிறது. இதற்குக் காரணம் அவற்றில் ஒரு சமயத்தில் இருக்கக் கூடிய நீரும் கரைபொருள்களும் அவை செல்களுக்குக் கிடைக்கும் அளவுகளும்தான்.

(b) சைட்டோ பிளாஸம் (The Cytoplasm)

டோனோ பிளாஸ்டும், பிளாஸ்மா சவ்வும் தேர்வு செலுத்து சவ்வுகளாகும். பெரும்பாலான பொருள்களில் நீர்தான் இந்த இரண்டு சவ்வுகள் மூலமாக எளிதாக உள்ளேயும், வெளியேயும் செலுத்தப்படுகின்றன. கரைபொருள்கள் இந்த சவ்வுகளினூடே எந்த அளவு செலுத்தப்படுகின்றன என்பது மாறுபடுகிறது.

சவ்வுகளில் துவாரங்கள் இருந்தாலும், அவற்றின் மூலம் பொருள்கள் செலுத்தப்படுகின்றன என்றாலும், சவ்வின் செலுத்து திறன் பண்புகள் அதன் சல்லடைத் தன்மையைத்தான் பொறுத்தது என்று கூறமுடியாது. சவ்வின் செலுத்து திறன் பற்றி சென்ற அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம். வயது pH, வெப்பநிலை, ஒரு சில அயனிகளின் இருப்பு அல்லது இல்லாமை ஆகியவை செலுத்து திறனைப் பாதிக்கின்றன.

டோனோபிளாஸ்டும், பிளாஸ்மா சவ்வும் அவற்றின் செலுத்து திறனில் வேறுபடுகின்றன என்பதற்கு ஆதாரங்கள் இருக்கின்றன. டோனோபிளாஸ்ட் பிளாஸ்மா சவ்வைவிட மிகக் குறைந்த செலுத்து திறனையும், சற்றுக் கடினமான தடையையும் பெற்றுள்ளது. கரைபொருள் சைட்டோ பிளாஸத்தை அடைந்தவுடன், சைட்டோ பிளாஸத்திற்குள் எளிதாக இடப்பெயர்ச்சியடைகிறது. ஆனால், மைட்டோ காண்ரியா, கணிகங்கள் போன்றவையும் தேர்வு செலுத்து சவ்வினைப் பெற்றிருப்பதால், அவற்றினுள் கரைபொருள் நுழைவது கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. செல்களில் பிளாஸ்மோ டெஸ்மாக்கள் இருக்கின்றன என்பது பற்றி ஏற்கெனவே பார்த்தோம். நீரும், ஒருசில கரைபொருள்களும் இவற்றின் மூலம் ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொரு செல்லுக்குச் செல்கின்றன என்றும் ஒவ்வொரு தடவையும் பிளாஸ்மா சவ்வைக் கடக்கவேண்டும் என்ற நியதி அவற்றிற்கு இல்லை என்றும் தற்பொழுது தெரிய வருகிறது.

ஒரு செல் சவ்வின் தேர்வு செலுத்து திறனை எப்படிப் பல வகையான அம்சங்கள் பாதிக்கின்றன என்பதை அறியக் கீழ்க் கண்ட முறையைக் கையாளலாம். நன்றாகக் கழுவப்பட்ட, பீட்ரூட்டை 5. செ. மீ. நீளமுள்ள சிறுசிறு பகுதிகளாக வெட்டிக் கொள்ளவேண்டும். அவற்றின் எடையை நன்றாக நிர்ணயம் செய்யவேண்டும். பின்பு அவற்றில் ஒன்றை மோலார் சர்க்கரைக் கரைசலிலும், இரண்டாவதை எதில் ஆல்கஹாலிலும், மூன்றாவதை வாலை வடி நீரிலும் மூழ்கடிக்குமாறு வைக்க வேண்டும். அரைமணி நேரம் கழித்து மூன்றின் எடையையும் கணக்கிட வேண்டும். முதல் பீட் கிழங்குப்பகுதி சுருங்கியிருக்கும். அது மூழ்கியிருந்த கரைசல் நிறவேறுபாடு கொண்டிருக்காது; ஏனெனில் கிழங்கிலிருந்து நீர் மட்டும் கரைசலை அடைந்திருக் கிறது. இரண்டாவதில் கிழங்குப் பகுதி சுருங்கியிருக்கும்; ஆனால் ஆல்கஹால் சிவப்பு நிறமடைந்திருக்கும். இங்கு ஆந்தோஸயனின் (Anthocyanin) மூலக் கூறுகளும், நீரும் கிழங்கிலிருந்து வெளியேறி

யிருக்கின்றன. இதற்குக் காரணம் செல் சவ்வுத் தன்மையை இழந்து எல்லாப் பொருள்களையும் தன்னூடே வெளியே செல்ல அனுமதிக்கிறது. வாக்வோலில் இருந்த பொருள்கள் கூட வெளியேறிவிடும். வாலை வடிநீரில் வைத்த பகுதி சற்றுப் பருத்திருக்கும். இதற்குக் காரணம் ஓரளவிற்கு நீர் கிழங்குப் பகுதிக்குள் சென்றிருக்கிறது; வாலைவடி நீரின் நிறத்தில் மாற்றமேதுமில்லை.

சைட்டோபிளாஸ சவ்வுகள் கரைபொருள்களின் இடப் பெயர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தினுல், தாவரங்கள் தமக்குத் தேவையான வளர்சிதை மாற்றப் பொருள்களைச் சேர்க்க முடியாது. அதே சமயத்தில் பரவல் கட்டுப்படுத்தப்படாமல் இருந்தால் செல்லின் அவசியப் பொருள்கள் எல்லாம் வெளியே வர ஏதுவாகிறது. ஆனுல், ஓரளவுக்கு செல்லிலிருந்து பொருள்கள் வெளியேறுகின்றன. உதாரணமாக, வேர் செல்களிலிருந்து சில கரைபொருள்கள் மண்ணை அடைகின்றன. இந்தக் கசிதல் பல விதமான மண் நுண் உயிர்களை வேர்களை நோக்கிக் கவர்கின்றன. அவ்வுயிர்கள் இப் பொருள்களை நம்பி வாழ்கின்றன. இத்தகைய இடத்தை ரைஜோஸ்ஃபியர் (Rhizosphere) என்பர்.

அயனிகள் வேர் செல்களிலிருந்து வெளியேறுவது தடை செய்யப்படுவது போல, மண்ணிலிருந்து அயனிகள் வேர் செல்களை அடைவதும் சற்று சிரமமாகத்தான் இருக்கும். ஏனெனில் இந்த அயனிகளை அடர்த்தி வித்தியாசத்திற்கு (Concentration Gradient) எதிராகத் தாவரங்கள் உள்ளீர்க்கவேண்டும். இங்குதான் உயிர்ப்புக் கடத்தல் (Active uptake) என்ற ஆற்றல் தேவைப்படும் (Energy Consuming) நிகழ்ச்சி பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. இன்னொரு அத்தியாயத்தில் இந் நிகழ்ச்சி விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது.) எனினும் ஒன்று மட்டும் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். மண்ணிலிருந்து உப்புகள் உள்ளீர்க்கப்படுதலும், நீர் உறிஞ்சப்படுதலும் இரண்டு வெவ்வேறு நிகழ்ச்சிகளாகும்; இரண்டு நிகழ்ச்சியிலும் வெவ்வேறு வழிமுறைகள் (Mechanisms) கையாளப்பட்டுள்ளன.

(c) செல்லுறை (Cell wall) : பெரும்பாலும் செல்லுலோஸ் மூலக்கூறுகளால் இவை உண்டாக்கப்பட்டிருந்தாலும், மூலக்கூறுகளுக்கிடையே மற்றப் பொருள்களும், நீரும் செல்லுறையில் காணப்படுகின்றன. நீரினுல் நிரப்பப்பட்ட செல்லுறைப் பகுதிகள் பாரங்கைமா செல்களில் மிக அதிகமாகும். எனவே, மிக அதிக மூலக்கூறு எடையுள்ள கரை பொருள்களும் செல்லுறை வழியாக எளிதாகக் கடத்தப்படுகின்றன. ஆனுல் இந்நிகழ்ச்சி

எந்தெந்த செல்களின் செல்லுறைகளில் செல்லுலோஸைத் தவிர சூபரின் (Suberin), கூட்டின் (Cutin) போன்ற பொருள்கள் காணப்படுகின்றனவோ அந்த செல்களில் நடைபெறுவதில்லை.

தாவர-நீர்த் தொடர்புக்கு உதவும் மற்றொரு செல்லுறைப் பண்பு அதன் மீள்சக்திதான். செல்லுறை நன்றாக விரிந்து செல்லின் பரிமாணத்தை அதிகரிப்பதற்கு உதவுகிறது; பின்பு மீண்டும் தன் நிலையை அடைகிறது.

2. உயிருள்ள செல்களில் ஆஸ்மாடிக் விசைகள் (Osmotic Forces in Living Cells)

மேற்கூறிய விளக்கங்களை மனத்திற் கொண்டு, இப்பொழுது செல், திசுக்களின் உள்ளே நீர் நுழைவதைக் கட்டுப்படுத்தும் முக்கிய விசைகள் (Forces) ஒருசிலவற்றைப் பற்றிக் காண்போம்.

உதாரணமாக, ஒரு சிறிய பீட்கிழங்கின் பகுதியை வாலைவடி நீரில் மூழ்கடித்தால், உடனே ஆஸ்மாஸிஸ் தொடங்கப்பட்டு, வெளியிலிருந்து நீர் கிழங்குக்குள் நுழைகிறது. கிழங்கின் செல்களுக்குள் நுழைந்த நீர் சவ்வுகளைக் கடந்து செல்லின் வாக்வோலை அடைகிறது. (ஒருசிறிது நீர் செல்களின் சைட்டோ பிளாஸத்திலேயே நின்று விடுவதுண்டு. ஏனெனில் இதிலும் ஆஸ்மாடிக் தன்மையுடைய பொருள்கள் காணப்படுகின்றன.) நீர் உள் நுழைவதால், வாக்வோலின் பரிமாணம் அதிகமாகிறது: இதன் விளைவாக சைட்டோபிளாஸமும் செல் உறையும் வெளிநோக்கி ஒரு விதமான விசையினால் அழுத்தப்படுகின்றன. இந்த விசையை விறைப்பு அழுத்தம் (Turgor pressure) என்பர். இதன் விளைவாக செல் உறை நீட்சியடைகிறது. (செல் உறைக்கு மீள்சக்தி உண்டு என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம்). எனினும் அது தன்னுடைய பழைய நிலையை அடைவதற்கு எப்பொழுதும் முயற்சி செய்கிறது. இன்னொரு முக்கியமான உண்மையையும் இங்குக் கவனிக்க வேண்டும். செல் தனியாக இல்லாமல் தொகுதியாக இருப்பதாலும், எல்லா செல்களிலும் நீர் ஆஸ்மாஸின் மூலம் நுழைவதாலும், எல்லா செல்களின் செல் உறைகளும் ஒரே சமயத்தில் நீட்சி அடைவதாலும், எல்லா செல்களின் உறைகளும் ஒன்றை ஒன்று அதிகமான அழுத்தத்துடன் உராய்கின்றன. மேலும், ஒரு செல்லின் உறை இன்னொரு செல்லின் உறை நீட்சி அடைவதை முடிந்த அளவுக்குத் தடை செய்யும். இதன் விளைவாக செல் உறையால் எதிர்த்திசையில் ஒருவிதமான எதிர்ப்பு அழுத்தம் உண்டாக்கப்படுகிறது. இந்த விசையை

உறையழுத்தம் (Wall Pressure) என்பர். இது எப்பொழுதும் விறைப்பு அழுத்தத்திற்கு எதிராகவே செயல்படும். ஒரு செல்லில் ஆஸ்மாஸிஸ் நடைபெற்று செல்லின் பரிமாணம் அதிகரிப்பது தடைபடும் பொழுது, விறைப்பு அழுத்தத்தின் அளவும், உறையழுத்தத்தின் அளவும் சமமாக இருக்கும். இந்நிலையில் மேன் மேலும் செல்லுக்குள் நீர் நுழைவது தடுக்கப்படுகிறது.

ஒரு செல்லுக்குள் எந்த அதிகப்படியான விசையுடன் (maximum force) நீர் நுழைகிறதோ, அது அந்த செல்லின் வாக்வோல் சாற்றின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலுக்கு (அதாவது பரவு அழுத்தக் குறைவுக்கு) சமமாக இருக்கும். ஆனால் சாதாரண நிலைமைகளில், இது செல்லுறை மீள்வதாலும், மற்றசெல்களின் அழுத்தத்தாலும் எதிர்க்கப்படுகிறது. எனவே, ஒரு செல்லை வாலை வடிநீரில் மூழ்க்கும் பொழுது, நீர் உள்ளே நுழைகையில் ஏற்படும் உண்மையான விசை மேற்கூறிய இரண்டு எதிர்ப்படையான விளைவுகளினால் ஏற்பட்டதாகும். இவ்வாறு உண்டான ஈவு விசை (net resultant force) பரவு அழுத்தக்குறைவு (diffusion pressure deficit) என்று கூறப்படுகிறது. [சிலசமயம் ஈர்ப்பு அழுத்தம் (suction pressure), ஈர்ப்பு விசை (suction force) போன்ற சொற்கள் இதற்குப் பதிலாக உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது.] ஒரு செல்லின் பரவு அழுத்தக்குறைவைப் பின் வருமாறு வரையறுக்கலாம்: "ஒரு செல்லைக் கலப்பற்ற நீரில் வைக்கும் பொழுது அது எந்த விசையுடன் ஒரு செல்லுக்குள் நுழைகிறதோ அந்த விசைதான் பரவு அழுத்தக் குறைவு."

ஒரு செல்லின் பரவு அழுத்தக் குறைவு அதனுடைய வாக்வோல் சாற்றுக் கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலில் (பரவு அழுத்தக்குறைவில்) உறை அழுத்தத்தைக் கழித்த மீதம் தான். இதனைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டின் மூலம் விளக்கலாம்:

பரவு அழுத்தக்குறைவு (Diffusion Pressure Deficit—DPD)	ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல் (வாக்வோல் சாற்றின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல்) (Osmotic Potential of Vacuolar sap — O · P)	உறை அழுத்தம் (Wall Pressure —WP)

$$\text{D. P. D} = \text{O.P} - \text{W. P}$$

மேலே கூறப்பட்டவற்றில், ஒரு செல்லை, கலப்பற்ற நீரில் மூழ்கிய பொழுது ஏற்படும் மாற்றங்களைப் பற்றிப் பார்த்தோம். இப்பொழுது, ஒரு செல்லைக் கலப்பற்ற நீருக்குப் பதிலாக, ஆஸ்மாடிக் திரமுள்ள சர்க்கரைக் கரைசல் போன்ற ஒரு கரைசலில் மூழ்க்கும் பொழுது ஏற்பட்ட மாற்றங்கள் பற்றிப் பார்ப்போம். இங்கு சர்க்கரைக் கரைசலுக்கே பரவு அழுத்தக் குறைவு உண்டு என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இத்தகைய நிலைமையில் நீர் எந்தத் திசையில் இடப்பெயர்ச்சி அடையும் என்பது, செல்லுக்கு பரவு அழுத்தக்குறைவு அதிகமா அல்லது வெளிக்கரைசலுக்கு பரவு அழுத்தக்குறைவு அதிகமா என்பதைப் பொறுத்தது. கரைசலுக்கு D P D அதிகமாக இருந்தால் செல்லிலிருந்து நீர் வெளியேறும்; செல்லுக்குள் D P D அதிகமாக இருந்தால் நீர் உறிஞ்சப்படுகிறது.

3. பிளாஸ்மோலிஸிஸ் (Plasmolysis)

ஒரு செல்லின் D P D-க்கும், அதன் சூழ்நிலையின் D P D-க்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுதான் நீர் எந்தத் திசையில் இடப் பெயர்ச்சி அடைகிறது என்பதை நிர்ணயம் செய்யும் விசையாகும். இந்தக் குறிப்புப் பற்றி மேலும் தெளிவாக்குவதற்கு ஒரு சில சோதனைகளைத் தனித்தனி செல் தொகுதிகளில் செய்ய வேண்டும். இந்த செல்களை ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலில் வேறுபட்ட (அல்லது D P Dயில்) தனித்தனித் தளங்களில் வைக்கவேண்டும். இத்தளங்களின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல்கள், O, 5, 10, 15, 20 அட்மாஸ்பியர்களாகும். செல்கள் ஆரம்பகாலத்தில், 15 அட்மாஸ்பியர்கள் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலைக் கொண்ட வாக்வோல் சாற்றினையும், 10 அட்மாஸ்பியர்கள் கொண்ட உறை அழுத்தத்தையும் கொண்டுள்ளன என்று நினைத்துக் கொள்ளப் பட்டிருக்கிறது (எனவே செல்களின் D P D 5 அட்மாஸ்பியர்களாகும்). விளக்கம் தெளிவாக இருப்பதற்காக, வாக்வோல் சாற்றின் அடர்த்தியில் நீரின் நுழைவால் அல்லது நீரின் பிரிவால் ஏற்படும் மாற்றங்கள் புறக்கணிக்கப்பட்டுள்ளன. மேலே கூறப் பட்ட சோதனை பற்றிய விளக்கம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது :

(a) வெளிப்புற O. P. (அல்லது D P D) = O. வெளிப்புறக் கரைசலின் D P D பூஜ்யமாக இருப்பதாலும், செல்களின் ஆரம்பகால D P D 5 அட்மாஸ்பியர்களாக இருப்பதாலும், நீர் செல்லினுள் 5 அட்மாஸ்பியர் விசையுடன் நுழைகிறது. இதனால் செல் உறை விரிந்து, உறை அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது; அது 15 அட்மாஸ்பியரை அடையும் பொழுது (D P D = OP—W.P ஆக

இருப்பதால்) இந்நிலையில் செல்களின் D P D பூஜ்யமாகவும், வெளித்தளத்தின் (external medium) D P D க்குச் சமமான தாகவும் இருக்கும் (O= 15—15) ஆகவே தொடர்ந்து நீர் ஓட்டம் (Water flow) எதுவுமிருப்பதில்லை. வெளித்தளம் கலப்பற்ற நீராக இருப்பதால், செல்கள் தம்முடைய முழுப்பரிமாணத்தை அடைந்து, முழு விறைப்புத் தன்மையையும் பெற்றிருக்கின்றன.

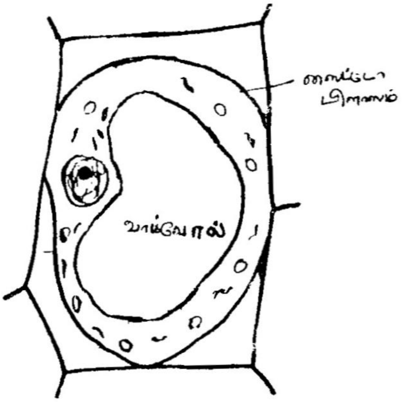
(b) வெளிப்புற O P (அல்லது D P D) = 5. இங்கு செல்கள் மற்றும் வெளிக்கரைசல்களில் D P D ஒன்ருக இருப்ப தால், இங்கு நீர் இடப்பெயர்ச்சி எதுவும் நடைபெறுவதில்லை. செல்களின் பரிமாணம் மாற்றமடைவதில்லை.

(c) வெளிப்புற O P (அல்லது D P D) = 10. வெளிப்புற D P D இங்கு செல்லின் D P D யை விட 5 அட்மாஸ்பியர்கள் கூட இருப்பதால், இங்கு நீர் செல்லை விட்டு வெளியேறுகிறது. இதனுல் செல் சுருங்குகிறது. உறை அழுத்தம் 5 அட்மாஸ் பியரை அடையும் பொழுது, செல்லின் D P D வெளிதளத்தின் D P D க்குச் சமமாக இருக்கும். இப்பொழுது செல் சுருங்கல் தடைப்படுகிறது (10= 15—5).

(d) வெளிப்புற O P (அல்லது D P D) =15. இங்கு வெளிப்புற D P D செல்லின் D P D யை விட 10 அட்மாஸ் பியர்கள் கூட இருப்பதால், இதே அளவு விசையுடன் நீர் செல்லை விட்டு வெளியேறும். உறையழுத்தம் பூஜ்யத்தை எட்டும் பொழுது, செல்லின் D P D வெளிக்கரைசலின் D P D க்குக் கிட்டத்தட்ட சமமாக இருக்கும். இதனுல் நீர் இடப்பெயர்ச்சி தடைபடுகிறது (15=15—0). இங்கு நடுநிலைமை (Equilibrium) ஏற்படும் பொழுது செல் உறைநீட்சியடையும்.

(e) வெளிப்புற O P (அல்லது D P D)= 20 வெளிப்புற D P D செல்களின் D P D யை விட 15 அட்மாஸ்பியர் கூட இருக்கிறது. உறை அழுத்தம் ஒன்றுமே இல்லாத நிலையையுடைய செல் சுருங்கல் ஏற்படும் பொழுது செல்லின் D P D வெளி தளத்தின் D P Dயை விட இன்னும் 5 அட்மாஸ்பியர் குறை வாகவே இருக்கும். செல் உறை மேலும் சுருங்காது. இந்நிலை யிலும் நடுநிலைமை ஏற்பட வேண்டுமென்ருல் வாக்வோலி லிருந்து தொடர்ந்து நீர் வெளியேற்றப்பட வேண்டும். ஆகவே சைட்டோபிளாஸம் செல் உறையிலிருந்து விடுபடுகிறது; நீர் தொடர்ந்து வாக்வோலிலிருந்து வெளியேறுகிறது. கடைசியில் வாக்வோலின் அடக்கப் பொருள்களின் அடர்த்தி தேவையான அளவிற்கு அதிகமாகி வெளித்தளத்தின்D P Dக்குச் சமமான D P Dயை உண்டாக்குகிறது (அதாவது வாக்வோலின் O P 20

அட்மாஸ்பியருக்கு உயருகிறது). உறையிலிருந்து புரோட்டோ பிளாஸம் விடுபடுவதற்கு பிளாஸ்மோலிஸிஸ் (Plasmolysis) என்று பெயர் (படம் 12). வெளிப்புறத் தளத்திற்கு பிளாஸ்

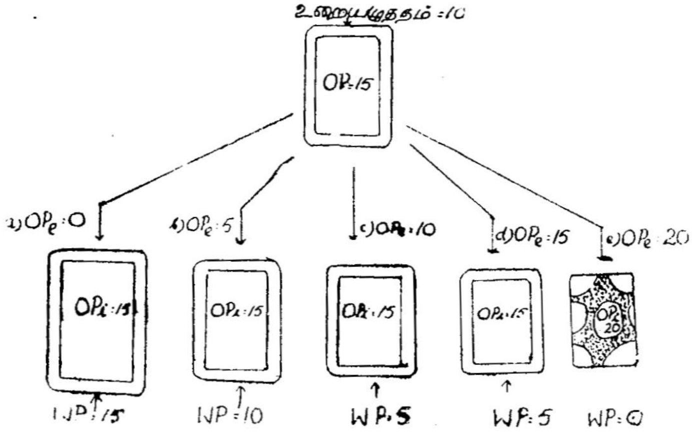


படம் 12

பிளாஸ்மோலிஸிஸ்.

மோலிடிகம் (Plasmolyticum) என்று பெயர். இது செல் உறைக்கும் சைட்டோபிளாஸத்திற்கும் இடையே உள்ள இடத்தை ஆக்கிரமிக்கிறது.

மேற்கூறிய ஐந்து வகையான சோதனைகளும் விளக்கப்படம் மூலம் (படம் 13) கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.



படம் 13

பிளாஸ்மோலிஸிஸ் நிகழ்ச்சியைக் கொண்டு செல்லின் ஆஸ்மாடிக் தொடர்பை விளக்கும் படங்கள்.

உறை அழுத்தம் பூஜ்யமாக இருக்கும் பொழுது செல் தொடக்க பிளாஸ்மோலிஸிஸ் (Incipient plasmolysis) நிலையில் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. இந்நிலையில் செல்லின் O P (அல்லது DPD) வெளித்தளத்தின் O P க்குச் சமம். வெளித் தளத்தின் O P யில் ஏதாவது ஏற்றம் இருந்தால் செல் பிளாஸ் மோலிஸிஸ் அடைகிறது. பிளாஸ்மோலிஸிஸ் அடைந்த செல்லின் புரோட்டோ பிளாஸம் ஒரு சில தாவரங்களில் சிலிண்டர் வடிவானது (உறையிலிருந்து முழுதும் விடுபட் டிருக்கும்); சிலவற்றில் ஒரு சில இழைகள் இன்னும் செல் உறை யுடன் இணைந்திருக்கும்.

பிளாஸ்மோலிஸிஸ் அடைந்த ஒரு செல்லை பிளாஸ்மோ லிடிகத்திலிருந்து நீருக்கு மாற்றினால், முழுவிறைப்பு மீண்டும் ஏற்படுகிறது. இதனை டிபிளாஸ்மோலிஸிஸ் (deplasmolysis) என்பர்.

பிளாஸ்மோலிஸிஸ் அடைந்த செல்லில் ஏற்படும் மாற்றங் களை ஒத்த நிகழ்ச்சிகள் சில சமயம் சைட்டோபிளாஸத்திற்கு ஊறு விளைவிக்கும் பொருள்களாலும் உண்டாகின்றன. இப் பொருள்களில் முக்கியமானவை அங்கக அமிலங்களின் மிக அடர்த்தியான கரைசல்களாகும். இப்பொருள்கள் சைட்டோ பிளாஸசிதைவை (coagulation) உண்டாக்குகின்றன. இங்கும் சைட்டோபிளாஸம் செல் உறையிலிருந்து விடுபட்டிருக்கும். இத்தகைய செல்லை நீருக்கு மாற்றினால் டிபிளாஸ்மோலிஸிஸ் நடைபெறாது.

(4) ஆஸ்மாடிக் அளவுகளை நிர்ணயம் செய்தல் (Evaluation of osmotic quantities)

சாதாரண நல்ல சோதனைகள் செல்லின் DPD யையும், OP யையும் நிர்ணயம் செய்ய இருக்கின்றன. இந்த அளவுகள் மிக முக்கிய வாழ்வியல் உண்மைகளாகும் (data).

(a) DPD:-DPDயைக் கண்டு பிடிப்பதற்கான சோதனைகள் கீழ்க்கண்ட உண்மைகளை மனத்தில் கொண்டு செய்யப்பட்டுள்ளன. திசுவின் DPD வெளிக் கரைசலின் DPDயை விட அதிகமாக இருந்தால், நீர் உறிஞ்சப்பட்டு, செல்கள் பெரிதாக்கப்பட்டு திசுவின் பரிமாணமும் எடையும் அதிகரிக்கின்றன. திசுவின் DPD வெளிகரைசலின் DPDயை விடக் குறைவாக இருந்தால் நீர் திசுக்களிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டு அதன் எடையும், பரிமாணமும் குறையும். இரண்டும் சமமாக இருந்தால் எந்தவித

மாற்றமும் திசுவில் ஏற்படாது. அடர்த்தியில் வேறுபட்ட பல தொடர்ச்சியான சர்க்கரை அல்லது பொட்டாசியம் நைட்ரேட் கரைசல்கள் தயாரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொன்றிலும், எடைகண்டு பிடிக்கப்பட்ட திசுத் தொகுதி மூழ்கடிக்கப்படவேண்டும். குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப் பின்பு அவை மீண்டும் எடுக்கப்பட்டு மறுபடியும் நிறுக்கப்பட வேண்டும்.

DPDயைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு நல்ல சோதனைப் பொருள்கள் இலைகள் (ரியோ இலை), அல்லி இதழ்கள், சேமிப்பு உறுப்புகள் போன்றவையாகும். இவற்றின் ஒரு சிறு பகுதியை (Strip)யோ (5 செ. மீ × 5 m m) அல்லது சேமிப்பு உறுப்புகளின் ஒரு சதுரப் பகுதியையோ அல்லது செவ்வகப் பகுதி 2mm × 5mm)யையோ உபயோகிக்கலாம். மெல்லிய பொருள்களாக இருந்தால் (இலை, அல்லி) சோதனைக்கு முன்பும் பின்பும் ஏற்படும் நீள வித்தியாசத்தை வைத்து DPDயை நிர்ணயம் செய்யலாம். சேமிப்பு உறுப்புகளாக இருந்தால், ஒரு சிறிது பகுதியின் எடை மாற்றங்களைக் கணக்கிட்டு DPDயை நிர்ணயம் செய்யலாம். மேற்கூறிய சோதனைகளின் பொழுது கூடுமானவரை கார்க் திசுக்களையோ, லிக்னின் கொண்ட திசுக்களையோ விலக்கவேண்டும்.

சோதனையின் முடிவில் எந்த மோலார் கரைசலில் திசுவில் நீள மாற்றமோ எடை மாற்றமோ இல்லாமல் முதலில் இருந்த நீளத்திற்கும் எடைக்கும் சமமாக இருக்கிறதோ, அந்தக் கரைசலின் OP, D P Dக்குச் சமமாக இருக்கும்.

(b) OP:-இரண்டு வகையான சோதனைகள் உபயோகப் படுத்தப்பட்டு OP கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. முதல் வகைச் சோதனையில் கீழ்க்கண்ட கொள்கை பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது: ஒரு நீர்கொண்ட கரைசலின் உறைநிலை (freezing point) அந்தக் கரைசலின் அடர்த்தியையும், அதன் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலையும் பொறுத்தது. ஒரு கரைசலின் பனிக்கட்டியாகும் நிலைக்கும், ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலுக்கும் உள்ள தொடர்பு கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$OP = 12.04 \times \text{உறைநிலை (freezing Point)}.$$

எனவே வாக்வோல் சாற்றின் உறைநிலை கண்டுபிடிக்கப் பட்டால், அதன் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலையும் கண்டு பிடித்துவிடலாம், இத்தகைய சோதனையில் ஏற்படும் முக்கியத் தடங்கல் கலப்பற்ற வாக்குவோல் சாற்றைப் (pure sap samples) பெறுவதுதான். இதனை நைடெல்லா (Nitella) அல்லது கேரா (Chara) போன்றவற்றிலிருந்து பெறலாம். இவற்றின் செல்களின் நுனியை நீக்கிவிட்டு உண்மையான சாற்றை வெளியில் எடுத்துச்

சோதனையைத் தொடரலாம். இத்தகைய முறை கிரையோஸ் கோபிக் முறை (Cryoscopic Methods) எனப்படும்.

இன்னொரு முறையிலும் OP கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. இம் முறைக்கு பிளாஸ்மோ மெட்ரிக் முறை (Plasmometric Method) என்று பெயர். இம்முறையில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள கொள்கை என்னவென்றால் செல்கள் தொடக்கநிலை பிளாஸ்மோலிஸிஸில் இருக்கும்பொழுது அதன் வாக்வோல் சாற்றின் OP வெளிக் கரைசலின் OP-க்குச் சமமாக இருக்கும் என்பதுதான். இம் முறையை ஒரு செல் தடிப்பான அடுக்குகளுக்குத்தான் பயன் படுத்த முடியும் (உதாரணமாக புறத்தோல் அடுக்கு) வெங்காயம், ஹைட்ரில்லா, ஆல்காக்களின் செல்கள் ஸ்பைரோகைரா ஸைக்னீமா போன்றவை), ரியோ (Rhoeo)வின் இலைப்புறத்தோல் ஆகியவை மேற்கூறிய சோதனைக்குப் பொதுவாக பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

மேற்கூறிய பொருள்களின் ஒரு பகுதி சர்க்கரையின் பல மோலார் கரைசல்களில், கரைசலுக்கு ஒன்றாகப் போடப்பட்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட நேரங்கழித்து மைக்ரோஸ்கோப்பில் ஆராயப் பட்டது. எந்தக் கரைசலில் தொடக்கநிலை பிளாஸ்மோலிஸிஸ் (Incipient Plasmolosis) (அதாவது புரோட்டோ பிளாஸம் செல்லின் உறையிலிருந்து மூலைகளில் மட்டும் சற்று விடுபட்டி ருக்கும் நிலை) காணப்படுகிறதோ அந்தக் கரைசலின் OP செல்லின் OPக்குச் சமமாக இருக்கும். OP-யின் அளவை நிர்ணயம் செய்யவேண்டும் என்றால் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பயன் படுத்த வேண்டும்.

$$OP = \frac{22.4 \times S \times (T+273)}{273}$$

இங்கு 22·4 என்பது அட்மாஸ்பியரிக் அழுத்தம் (O°C-ல் மோலார் சர்க்கரைக் கரைசலின் அழுத்தம்); S எந்த மோலார் கரைசலில் தொடக்கநிலை பிளாஸ்மோலிஸிஸ் காணப்படுகிறது என்பது; T அறை வெப்பநிலை: 273 = Absolute temperature.

(5) ஆஸ்மாஸிஸ் இல்லா நீர் உள்ளெடுப்பு (Water uptake by Non-osmotic means)

இதுவரை ஆஸ்மாஸிஸ் எவ்வாறு நீர் உள்ளெடுப்பில் பெரும் பங்கு வகிக்கிறது என்று பார்த்தோம். இத்தகைய உள்ளெடுப்பில் ஆஸ்மாஸிஸ் மூலம் பெரும்பங்கு நீர் செல்லை அடைந்தாலும்,

வேறுசில விசைகளாலும் நீர் உள்ளெடுக்கப்படலாம். இதனைப் பற்றிக் இனிக் காண்போம்:

(a) உள்ளீர்த்தல் உள்ளெடுப்பு (Imbibitional uptake)

புரோட்டோபிளாஸம், மற்ற கொல்லாய்டுகளைப் போலவே, அதிக அளவிற்கு உள்ளீர்த்தல் மூலம் நீரினை உறிஞ்சக்கூடும் என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம். இது செல் நிலையில் இருக்கும் பொழுதுதான் நன்றாக நடைபெறும். காய்ந்த நிலையில் உள்ள உயிருள்ள விதைகளில் இது நன்றாகத் தெரியும். வேறு சில உதாரணங்களைக் கீழே காணலாம்.

தாவரங்களின் வேர், தண்டு நுனிகளில் உள்ள செல்கள் மிகச் சிறியனவாகவும், மிகக் குறைவான வாக்வோல்களைக் கொண்டதாகவும் இருக்கின்றன. இந்தப் பகுதிக்குச் சற்றுக் கீழே குறிப்பிடத்தக்க செல் நீட்சி (Cell elongation) ஏற்படுகிறது; பெரிய வாக்வோல்கள் செல்லின் சைட்டோ பிளாஸத்தில் பெரும்பகுதியை ஆக்கிரமிக்க ஆரம்பிக்கின்றன. செல்லின் நீட்சியும், வாக்வோல்கள் உண்டாவதும் நடைபெறுவதற்காக, அதிக அளவுக்கு நீர் உறிஞ்சப்படுகிறது. இந்த நீர் உறிஞ்சுதல் பெரும்பாலும் இளம் செல்கள் உள்ளீர்த்தல் நிகழ்ச்சியால்தான் நடைபெறுகிறது. உள்ளீர்த்தலின் பொழுது செல் பருமனாகி, அது செல் நீட்சி அடைவதற்குத் தேவையான விசையைத் தருகிறது.

பல லைக்கென்கள் (Lichens) பல காலத்திற்கு நீர்ப் பற்றாக் குறையைப் பெருமளவுக்கு தாங்கிக் கொள்கின்றன. இதன் விளைவாக அவை காய்ந்தும், ஒடியும் நிலைக்கு வருகிறது. ஆனால் நீர் கிடைக்கும் பொழுது, நீரினை உள்ளீர்த்து, மீண்டும் சாதாரண நிலையை அடைந்து பெரிதாகின்றன.

(b) 'உயிர்ப்பு எடுப்பு' ('Active uptake')

ஒரே செல்லின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலை, கிரையோஸ் கோபிக் (Gyoscopic) முறையிலும், பிளாஸ்மோ மெட்ரிக் (Plasmo metric) முறையிலும் கண்டுபிடித்தால் இரண்டுக்கும் இடையே வேறுபாடு இருக்கும். முதல்முறையில் கண்டுபிடித்த அளவு, இரண்டாவது முறையில் கண்டுபிடித்த அளவை விட 2 அல்லது 3 அட்மாஸ்பியர்கள் கூட இருக்கும். இந்த வேறுபாட்டை ஆஸ்மாடிக் அல்லது உள்ளீர்த்தல் விளைவுகள் என்று கொள்ள முடியாது.

ஆஸ்மாஸிஸ் தவிர வேறொரு விசை செல்லுக்குள் நீர் செல்லுவதை ஓரளவுக்குக் கட்டுப்படுத்தலாம் என்று தெரிய வருகிறது; இந்த விசையின் விளைவால் பிளாஸ்மோலிஸிஸ் நடைபெறுவது கடினமாகிறது; அப்படியும் அது நடைபெற வேண்டுமென்றால் மிக அதிகமான அடர்த்தி உடைய கரைசலை உபயோகிக்க வேண்டும். உயிர்ப்பு எடுப்பு மூலம் நீர் செல்லுக்குள் செல்வதற்கு இரண்டு முக்கிய ஆதாரங்கள் உள்ளன: (i) நீர் உள் எடுப்பு, பலவிதமான திசுக்களில் வளர்சிதை மாற்றங்களின் அளவினைப் பொறுத்திருக்கிறது. (ii) சுவாசித்தல் அளவு குறைக்கப்படும் பொழுது நீர் உள்ளே செல்வதும் குறைக்கப்படுகிறது; சுவாசித்தல் அளவு அதிகமாகும் பொழுது நீர் உள்ளே செல்வதும் அதிகமாகிறது. இத்தகைய முடிவுகள், நீர் உயிர்ப்பு எடுப்பு மூலமும் உள்ளெடுக்கப்படுகிறது என்றும், இதற்கு ஆற்றல் தேவை என்றும் தெரியவருகிறது.

உயிர்ப்பு எடுப்பு மூலம் நீர் செல்லுக்குள் நுழைகிறது என்பதற்கு வேறொரு முக்கிய ஆதாரம் இருக்கிறது. உப்புக் கரைசலில் அதனோடு சமன்பாட்டுடன் இருந்த ஒரு செல்லை, உப்புக் கரைசலின் அளவே ஆஸ்மாடிக் பொடடன்ஷியலைக் கொண்ட சர்க்கரைக் கரைசலுக்கு மாற்றினால், அது மிக அதிக அளவுக்கு நீரை உள்ளெடுக்கிறது. இந்த மாற்றம் திருப்பக் கூடியது (Reversible). சர்க்கரை இருப்பதால் செல்லின் வளர்சிதை மாற்றங்கள் அதிகமாக்கப்பட்டு (சர்க்கரை சுவாசித்தல் பொருளாகச் செயல்படுகிறது). அதன் விளைவாக நீர் உள்ளெடுக்கப்படுகிறது.

கலப்பற்ற நீரில் ஒரு சிறிது வளர்ச்சி ஊக்குவிக்கும் பொருள்களான ஆக்ஸின்களைச் சேர்த்து அதில் ஒரு செல்லை மூழ்கடித்தால் அதிக அளவிற்கு நீர் செல்லுக்குள் நுழைகிறது. ஆக்ஸின்கள் செல்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தை அதிகமாக்குகிறது; சுவாசித்தலும் அதிகமாக்கப்படுகிறது. இந்தக் கண்டுபிடிப்பும் உயிர்ப்பு எடுப்பின் மூலம் நீர் செல்லுக்குள் நுழைகிறது என்ற கருத்தை வலியுறுத்துகிறது.

உயிர்ப்பு எடுப்பு மூலம் நீர் உள்ளெடுக்கப்படுகிறது என்பது ஊர்ஜிதமானாலும், இந் நிகழ்ச்சிக்கான அடிப்படை (Basis) தெரியவில்லை. பெரும்பாலானவர்கள் கூற்றுப்படி இரண்டிற்கும் உள்ள தொடர்பு மறைமுகமானதாகும். வளர்சிதை மாற்ற நிகழ்ச்சிகளின் செயல்கள் அதிகமாக இருக்கும்பொழுது, தளத்தில் இருந்து உப்புகள் செல்களால் உள்ளீர்க்கப்படுகின்றன (உப்பு

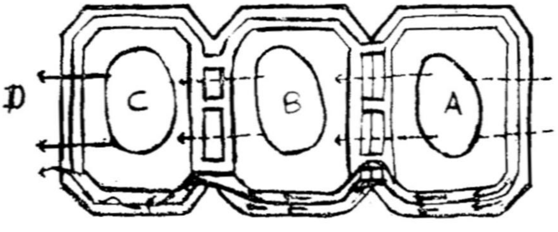
உள்ளீர்த்தல் சுவாசித்தலைப் பொறுத்தது); இது ஸெல்களின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலை அதிகமாக்கும்; இதன் முடிவு ஆஸ்மாஸிஸ்மூலம் நீர் உள்ளே செல்லுதலாகும். ஆக்ஸின்கள் சேர்க்கப்பட்ட நீரில் ஸெல்கள் இருக்கும்பொழுது அதிக அளவு நீர் ஸெல்லுக்குள் செல்கிறது என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம். இதனைக் கீழ்க்கண்ட முறையில் விளக்குகிறார்கள். ஆக்ஸின் ஸெல்களின் உறைகளை அதிக மீள்சக்தி உடையதாக ஆக்குகிறது. (உறைப் பொருள்களுக்கிடையே உள்ள இணைப்புகள் சற்று தளர்த்தப்படுவதால்) உறையின் உறை அழுத்தம் இதனால் பாதிக்கப்பட்டு, ஸெல் அதிக அளவுக்குப் .பெரிதாகிறது; அதிக நீர் ஆஸ்மாஸிஸ் மூலம் ஸெல்லை அடைகிறது. மேற்கூறிய கருத்தை, ஐஸோடோபிக் (Isotopic) நீர் உபயோகித்துச் செய்த ஆராய்ச்சிகள் மூலம் திம்மன், சாமுவேல் (Thimann&Samuel 1955) ஆகியோரும், ஆர்டின் பானர் (Ordin & Bonner 1956) ஆகியோரும் வலியுறுத்தியுள்ளனர்.

வேறு ஒரு முறையிலும் நீர் ஸெல்லுக்குள் நுழையலாம் என்பது தற்பொழுது தெரியவருகிறது. ஒரு சவ்வில் காணப்படும் சிறிய துவாரங்களின் வழியாக, அந்தச் சவ்வின் இரண்டு பக்கமும் ஏற்படுகின்ற மின்ஏற்ற வேறுபாட்டால் (Under the influence of charge difference) நீர் பரவக்கூடும். இத்தகைய நீர் இடப் பெயர்ச்சியை எலக்ட்ரோ ஆஸ்மாஸிஸ் (Electo-osmosis) என்பர். மின்ஏற்ற வேறுபாடுகள் (Potential Differences) தாவர திசுக்களில் இருப்பது தெரியவருகிறது; இவ்வேறுபாடுகள் நேர்மின் அயனிகள் எதிர்மின் அயனிகள் ஆகியவற்றின் ஊடுருவலைக் கட்டுப்படுத்தும் வலைச்சவ்வின் தேர்வு செலுத்து திறனைப் பொறுத்தன. எலக்ட்ரோ-ஆஸ்மாஸிஸ் நடைபெறுகிறது நிச்சயம் என்றாலும், இதன் அளவு மிகமிகக் குறைவாகும்.

மேற்கூறிய கருத்துகள் எல்லாம், தனியாகப் பிரிக்கப்பட்ட ஸெல்கள், திசுக்கள் மற்றும் உறுப்புகள் ஆகியவற்றில் செய்த சோதனைகளின் விளைவால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட உண்மைகளாகும். முழுத் தாவரத்தில் மேற்கூறிய உண்மைகள் அப்படியே, அதே அளவில் நடைபெறும் என்று நினைக்கவும் கூடாது. ஏனெனில் முழுத்தாவரத்தில் உண்டாக்கப்படும் விசைகளும், அழுத்தங்களும் மற்ற மாற்றங்களும், தனியாகப் பிரிக்கப்பட்ட ஸெல்களாலும், திசுக்களாலும் உண்டாக்கப்படும் விசைகள், அழுத்தங்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து அளவிலும், தன்மையிலும் வேறுபடும்.

(6) திசுக்களின் ஊடே நீர் இடப்பெயர்ச்சி (Movement of water across tissues)

தாவரங்கள் மண்ணிலிருந்து அதிக அளவில் நீரை உறிஞ்சுகின்றன. உதாரணமாக, நல்ல வெப்பமுடைய நாளில், ஒரு சூரியகாந்தித் தாவரம் கிட்டத்தட்ட ஒரு பிண்ட் (Pint) அளவு நீரை உறிஞ்சுகிறது; ஒரு பிர்ச் (Birch) தாவரம் பலநூறு காலன் (Gallon) நீரை உறிஞ்சுகிறது. மிக மெல்லிய சிறு வேர்களால் எல்லா நீரும் உறிஞ்சப்பட்டாலும், தாவரத்தினுள் நீர் எல்லா உறுப்புகளையும் அடைகிறது. இவற்றில் பெரும்பான்மை அளவு இலைகளை அடைந்து, அங்கிருந்த நீராவிப் போக்கு மூலம் வளி மண்டலத்தை அடைகிறது. ஒரு செல்லிலிருந்து இன்னொரு செல்லுக்கு நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைவது அதிக அளவில் ஒரு திசுவில் நடைபெறுகிறது என்பது தெளிவு. இத்தகைய இடப் பெயர்ச்சிபற்றி இப்பொழுது பார்ப்போம். இப் பகுதியில் காணப்படும் விளக்கங்கள் பெரும்பாலும் ஆஸ்மாடிக் விளைவுகளைப் பற்றி இருந்தாலும், உயிர்ப்புத் தன்மை மூலமும், வளர்சிதை மாற்ற விளைவுகள் மூலமும் இடப்பெயர்ச்சி அடைவதும் மனத்தில் கொள்ளப்பட்டிருக்கிறது. ஏற்கெனவே கூறியபடி, முழுத் தாவரத்தில் நீராவிப் போக்கு நடைபெற்றிருக்கும்பொழுது, மேற்கூறிய விளைவுகள் ஓரளவுக்கு மறைக்கப்பட்டு விடுகிறது.



படம் 14

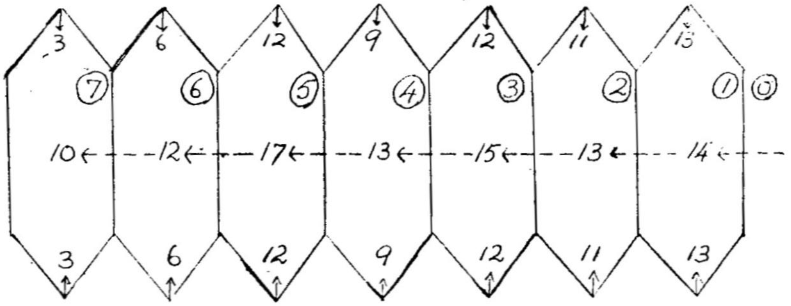
திசுக்களினூடே நீர் இடப்பெயர்ச்சி:-மூன்று அண்மையில் உள்ள செல்களின் உதவி கொண்டு செல்களிடையே நீர் இடப்பெயர்ச்சி செய்வதைக் காட்டும் படம். விட்டு விட்டுப் போடப்பட்ட அம்புக்குறி சைட்டோ பிளாஸம் மூலம் நடைபெறும் நீர் இடப்பெயர்ச்சி செய்வதையும் விளக்குகின்றன.

அருகருகுள்ள மூன்று செல்களை (பாரங்கைமா) காட்டுகிறது. இந்த செல்கள் வேரின் புறணி அல்லது இலையின் மீசோஃபிலில் செல்களைக் குறிக்கின்றன. எளிமைத் தன்மைக்காக, எல்லா

செல்களும் ஆரம்பத்தில் ஒரே அளவு ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல் களையும், உறை அழுத்தங்களையும், பரவு அழுத்தக் குறைகளையும், கொண்டுள்ளன என்று கருதிக் கொள்ளவேண்டும். உதாரணமாக இப்பொழுது C செல்லிலிருந்து நீர் D-க்கு வெளியில் செல்கிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். இது எப்பொழுது நடைபெறு கிறது என்றால் வெளியில் DPD செல்லின் DPDயை விட அதிக மாக இருக்கவேண்டும். இது, வெளி சூழ்நிலை (D) செல்லிடை வெளியாக இருந்தால் நிகழக்கூடியதாகும். மாறாக, Dயில் சர்க்கரையோ அல்லது அடர்த்தி அதிகமான மற்றக் கரைசல் களைக் கொண்ட செல்களாக இருந்தாலும், C செல்லிலிருந்து நீர் வெளியேறும். இந் நிகழ்ச்சி இரண்டு விளைவுகளை உண்டாக்கும். (i) (செல்லின் வாக்வோல் சாறு அதிக அடர்த்தியை அடையும். (ii) செல் சுருங்குகிறது; இதன் விளைவு உறை அழுத்தம் குறை கிறது. DPD=OP—WP என்ற சமன்பாட்டை மனத்தில் கொண்டால், இரண்டு விளைவுகளும் C செல்லின் DPDயை அதிகரிக்கும். இது B செல்லின் உறையிலிருந்து, பின்பு சைட்டோ பிளாஸத்திலிருந்து, பின்பு வாக்வோலிலிருந்து நீர் C செல்லை நோக்கி இடப்பெயர்ச்சி அடைவதை விளைவிக்கிறது—விளைவு B செல்லின் DPD அதிகரிக்கிறது. இதன் விளைவாக A செல் பாதிக்கப்படுகிறது. எனவே, ஒரு தொடர்ச்சியான நிகழ்ச்சி உண்டாக்கப்படுகிறது. இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. (அம்புகள் மூலம் DPD அதிகம் உள்ள செல்லுக்குத் தொடர்ச்சி யாக DPD குறைவாக உள்ள செல்லிலிருந்து நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்து கொண்டே இருக்கும். பகிரும் முனையில் (Supply end) உதாரணமாக சைலம் குழாயில்—நீர் அதிகமாக இருக்கும்வரை இந் நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நடைபெறும். பகிரும் அளவு குறைக்கப் பட்டால் அல்லது கட்டுப்படுத்தப்பட்டால், செல்களின் விறைப்பு மறைகிறது. இந்நிலை வாடுதலில் முடிகிறது. எனவே, செல் களின் இடையே நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைதல் தொடர்ச்சியான DPD வித்தியாசத்தால் (Continious DPD Gradient)தான்.

இந் நிலையில் ஒரு முக்கியமான உண்மையைக் குறிப்பிட வேண்டும். ஒரு செல்லிலிருந்து இன்னொரு செல்லுக்கு நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைய வேண்டுமானால், பெறும் செல்லின் (Rceeipient Cell) ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல், கொடுக்கும் செல்லின் (Donor cell) ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியலை விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும் என்று அவசியமில்லை. இங்கு செல்களின் DPDயில் ஏற்படும் வித்தியாசம்தான் காரண கர்த்தாவாக (Driving force) செயல்படுகிறது. படம் 15-ல் காட்டியபடி செல்களின்OP மிகுந்த மாற்றங்களைப் பெற்றிருந்

தாலும், அம்பினால் குறிக்கப்பட்ட திசையில்தான் நீர் இடப் பெயர்ச்சி அடையும்; ஏனெனில் அத்திசையில்தான் DPDயின் தொடர்ச்சியான வித்தியாசம் (DPD Grdient) காணப்படுகிறது.



படம் 15

பல செல்களினூடே DPD வித்தியாசத்தால் நீர் கடத்தப்படுதல்

இப் பகுதியை முடிப்பதற்கு முன்பு, ஒரு முக்கியமான உண்மையைக் கூறவேண்டும். ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொரு செல்லுக்கு நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடைவது ஓர் எளிதான செயல் முறையினால் (Easy mechanism) என்று நினைத்தல் கூடாது. மேலே கூறப்பட்ட, A செல்லிலிருந்து C செல்லுக்கு நீர் இடப் பெயர்ச்சி அடையும் நிகழ்ச்சியில் எல்லா நீரும் வாக்குவோல் சாற்றின் ஊடேதான் செல்லுகிறது என்று கொள்ளக்கூடாது. நீர் சைட்டோபிளாஸத்தின் வழியாகவும், செல் உறை வழியாக வும் ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொரு செல்லுக்குச் செல்லலாம் என்பது ஐஸோடோபிக் ஹைட்ரஜன் கொண்ட நீர் உப யோகித்துச் செய்த சோதனைகளால் தெரிய வருகிறது. மேலும், இந்த மூன்று வகை நீர் இடப் பெயர்ச்சியும் ஒரேவித வேகத்தில் (Same speed) நடைபெறுகிறது என்றும் தெரிய வருகிறது.

5. நீரின் பாதை
(The path of water)

பரவு அழுத்த வித்தியாசங்களினுல் நீர் பொதுவாக எந்தத் திசையில் வேண்டுமானுலும் தாவரத்தினுள் செல்லும். எனினும், பெரும்பான்மையான நீர் ஒருசில குறிப்பிட்ட திசுக்களின் மூலமாகவும், குறிப்பிட்ட பாதைகள் வழியாகவும்தான் தாவரத்திற்குள் செல்கிறது. பெரும் பங்கு நீர் கடைசியில் இலையிலிருந்து வளிமண்டலத்திற்கு ஆவியாகிறது; 1 அல்லது 2% நீர்தான் (உறிஞ்சப்பட்டதில்) தாவரங்களால் வளர்ச்சிக்கும், வளர்சிதை மாற்றத்திற்கும் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. 2,000 கிராம் அளவு நீர் ஒவ்வொரு 1 கிராம் உலர் எடை அதிகரிப்புக்கும் தாவரத்தால் வெளியேற்றப்படுகிறது. நீரின் உறிஞ்சுதலுக்கும், பலகாலக் கடத்தலுக்கும் (Long range conduction) ஒரு சில விசேட வகை செல்களும், திசுக்களும் தேவை. மேலும், தாவரத்திலிருந்து வெளியேறும் நீரின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கும் ஒரு சில விசேட அமைப்புகள் தாவரத்தில் உள்ளன. இந்த அத்தியாயத்தில் தாவர—நீர்த் தொடர்பில் (Plant-water relation) சம்பந்தப்பட்ட தாவர திசுக்களின் அமைப்புப்பற்றி விளக்கப்பட்டுள்ளது.

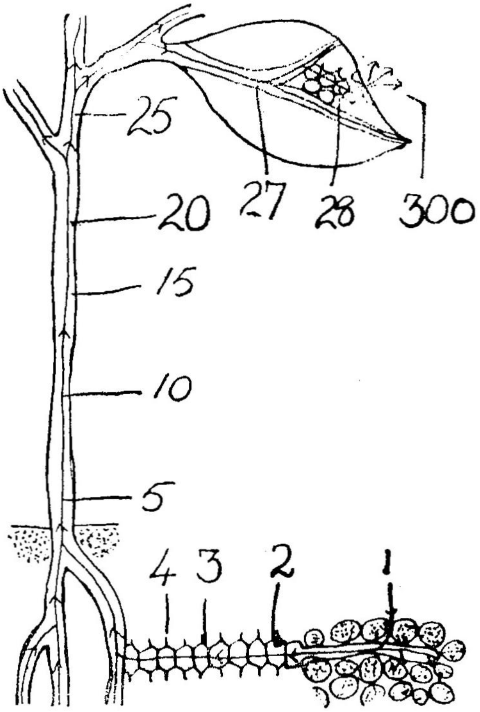
மண்ணிலிருந்து தாவரத்தினுள் நீர் செல்லும் பாதை படம் 16-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த பாதையைப் பற்றி மூன்று தலைப்புகளில் காணலாம்.

1. மண்ணிலிருந்து நீர் உறிஞ்சப்படுதல்; வேரின் புறத்தோல் பகுதியிலிருந்து வேரின் ஸ்டீல் பகுதியை நீர் அடைவதற்கான பக்கவாட்டுக் கடத்தல்.

2. வேரின் சைலம் பகுதியிலிருந்து இலையின் சைலத்தை அடைவதற்கான செங்குத்தான கடத்தல்.

3. இலைத் திசுவில் இடப் பெயர்ச்சி; கடைசியில் இலையின் ஸ்டோமாக்களில் இருந்து நீர் ஆவியாதல்.

எனவே, நாம் கீழ்க்கண்ட மூன்றின் அமைப்பைப்பற்றித் தெளிவாகத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும்.



படம் 16

மண்ணிலிருந்து வேர் தண்டு மூலம் நீர் இலையை அடைந்து அங்கிருந்து நீராவிப் போக்கின் மூலம் வெளியேறுவதைக் குறிக்கும் படம். கொடுக்கப்பட்ட எண்கள் அந்த இடங்களில் காணப்படும் D P D-யின் அளவினைக் குறிக்கின்றது.

(a) இளம் வேர் (b) சைலம் (c) இலை.

(a) இளம் வேர்களின் அமைப்பு: வேர்கள் புற அமைப்பிலும் அக அமைப்பிலும் தண்டுகளை விட அதிக எளிமையானவை. தாவரம் வளர்ந்து கொண்டே இருக்கும் பொழுது, அதனுடைய வேர்த் தொகுதியும் வளர்ந்து அதிக அளவு நீரினை உறிஞ்சுவதற்கு ஏதுவாகிறது. தாவரத்தின் தரைக் கீழ்த் தொகுதி மிக அதிகமான கிளைகளைக் கொண்டு அதிகப் புற பரப்பைப் பெற்றிருப்பதால், அதிக அளவு நீருடன் தொடர்பு கொள்ள முடிகிறது.

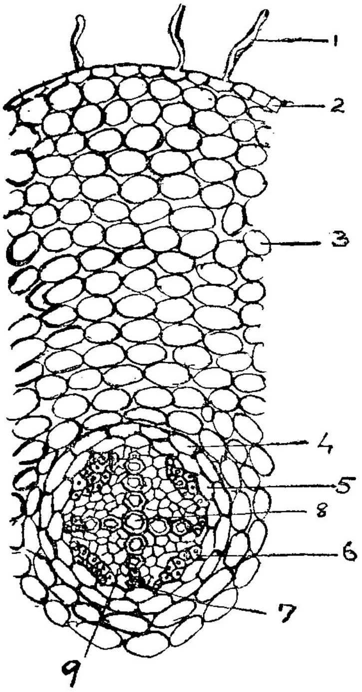
ஒவ்வொரு மெல்லிய வேரின் நுனியிலும் வேர் மூடி என்ற அமைப்புக் காணப்படுகிறது. இதைத் தொடர்ந்து, மிகச் சிறிய,

மெல்லிய உறையுடைய, வாக்வோல்க் அற்ற செல்களின் தொகுதி காணப்படுகிறது. இந்த செல்கள் ஆக்குத்திசு செல்களாகும்; தொடர்ந்து பகுப்படைந்து புதுத் திசுக்களை உண்டாக்குகின்றன. புது செல்கள் தோன்றத் தோன்ற அவை அதிக அளவுக்கு நீரை உள்ளீர்க்கின்றன (imbibe); இதன் விளைவாக ஒவ்வொரு செல்லும் நீண்டு, வாக்வோல்களைப் பெறுகின்றன. சிறிய வாக்வோல்கள் இணைந்து பெரிய வாக்வோல்கள் தோன்றுகின்றன. இந்தப் பகுதியில் தனியான நீர் கடத்தும் திசுவென்று தனியாகக் கிடையாது. எனினும், ஒரு செல்லிலிருந்து இன்னொரு செல்லுக்கு நீர் இடப் பெயர்ச்சி நடைபெறுவது காணப்படுகிறது; இது உள்ளீர்த்தல் விசையாலோ, ஆஸ்மாடிக் விசையாலோ ஏதுவாகிறது. புது செல்களின் தோற்றத்தினாலும், நீட்சியாலும், வேர்நுனி முன்னோக்கி நகருகிறது. இந் நிகழ்ச்சியின் போது வேர் நுனி மூடி ஆக்கு திசுவைக் காப்பாற்றுகிறது. வேர் நுனி மூடியின் வெளிப்பக்க செல்கள் அப்பொழுதுக்கப்பொழுது உரிந்து போனாலும் (sloughed off) புது செல்கள் தொடர்ச்சியாகத் தோன்றுகின்றன. செல் நீட்சி தொடங்கிய பின், தனித்தனி செல் வகைகள் வேரில் தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன. புரோட்டோபுளோயமும், புரோட்டோசைலமும் தான் முதன் முதலில் தோன்றுகின்ற திசு வகைகளாகும். திசு வேறுபாடுறும் பொழுது வேரில் அதிக அளவுக்கு செல் நீட்சி தொடர்ந்து காணப்படுகிறது; ஆனால் மெட்டாசைலம் தோன்றி முதிர்ச்சியடைந்தவுடன், நீட்சி கிட்டத்தட்ட நிறுத்தப்படுகிறது.

திசு வேறுபாடுறுதல் தோன்ற ஆரம்பிக்கும் பொழுது வேரின் புறத்தோல் செல்கள் மிகக் குறைவான அளவு கூட்டினைப் பெற்று, நீரினைத் தடங்கலின்றி உறிஞ்சுகின்றன. இந்த உறிஞ்சுதல் நிகழ்ச்சி வேர்த் தூவிகளால்தான் பெரிதும் நடைபெறுகிறது. வேர்த் தூவிகளின் செல் உறைகள் மிக மெல்லியதாகவும், செல்லுலோசையும் அதிக அளவு பெக்டின் பொருளையும் பெற்றும், காணப்படுகின்றன. இது ஜெல் நிலையில் உள்ள கொல்லாய்டல் அமைப்புப் போன்று இருக்கிறது. இந்த ஜெல் தன்மையால், தூவிகளுடன் நிறைய மண் துகள்கள் ஒட்டிக் கொண்டு, எளிதாக நீக்க முடியாமல் (நன்றாக நீரினால் கழுவினால் கூட) இருக்கின்றன. மேலும், ஒரு சிறு தாவரத்தைப் பிடுங்கும் பொழுது அதனுடைய வேர்த் தூவிகள் மண்ணுடனேயே தங்கி விடுவதற்கும் இதுவே காரணம். வேர்த் தூவியின் உறையின் உள்பக்கம் உறையையொட்டிய சைட்டோபிளாஸ படலம் காணப்பட்டு, அதில் நூக்லியஸ் அமைந்திருக்கிறது. புறத்தோல் செல்லின் வாக்கோல் தூவிக்கும் நீளுகிறது; தூவியின் பெரும் பகுதியை

இது ஆக்கிரமிக்கிறது. பெரும்பாலான வேர்களில் தூவிகள் மிகக் குறைந்த வேர்ப்பரப்பில்தான் காணப்படுகின்றன; அவை ஒரு குறைந்த காலத்திற்குத்தான் செயல்படுகின்றன.

குறுக்கு வளர்ச்சியடையாத இளம் வேரின் உள்ளமைப்பு படம் 17-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வேரின் பெரும் பகுதி புறணியால் ஆனது; புறணியில் மெல்லிய உறையைக் கொண்ட பாரங்கைமா செல்கள் மட்டும்தான் காணப்படுகின்றன; இவற்றிற்கிடையே பெரிய செல்லிடைவெளிகள் (intercellular spaces) காணப்படுகின்றன. புறணியின் உள்ளடுக்கு (சிலர் ஸ்டீலின் வெளியடுக்கு என்று கருதுகின்றனர்) எண்டோடெர்மிஸ் (Endodermis) என்று கூறப்படுகிறது. இந்த அடுக்கு செல்களின் உள் பரிதி உறையும் (inner tangential wall) ஆர உறைகளும் (radial walls) லிக்னின்—சூபரின் (ligne-suberin) பொருள்களால் தடிப்படைகிறது. இந்தத் தடிப்பை காஸ்பேரியன் தடிப்பு அல்லது பட்டை (Casparian strip or band) என்று அழைப்பர். ஒரு விதையிலைத் தாவரங்களில் இத் தடிப்பு இரு விதையிலைத் தாவரங்களைவிட அதிகமாக இருக்கிறது. இந்தத் தடிப்புகளின் விளைவால், உறையின் இப் பகுதிகளின் மூலம் பொருள்கள் ஊடே செல்வது தடைபடுகிறது; நீரும் மற்றக் கரை பொருள்களும் புறணியில் இருந்து ஸ்டீலுக்கு இவ்வுறைப் பகுதிகள் மூலம் கடக்க முடியாது. புரோட்டோ பிளாஸத்திற்குள்தான் அவை நுழைய வேண்டும். ஸ்டீலிலிருந்து நீரும் மற்றப் பொருள்களும் புறணியை அடைவதும் இந்தத் தடிப்புகளால் தடுக்கப்படுகிறது. உள் பரிதி உறைகளும் தடிப்புற்று இருப்பதால்

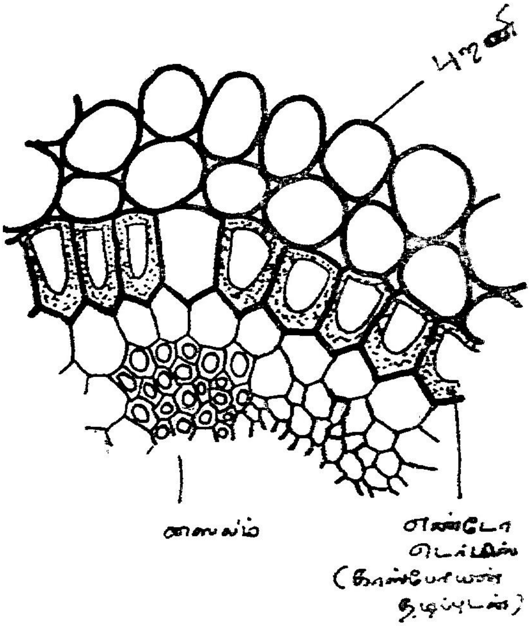


படம் 17

குறுக்கு வளர்ச்சியடையாத இளம் வேரின் படம்.

1. வேர்த்தூவி
2. வேர்த்தூவி அடுக்கு
3. புறணி
4. எண்டோடெர்மிஸ்
5. பெரிசைக்கிள்
6. புளோயம்
7. புரோட்டோஸைலம்
8. மெட்டா ஸைலம்
9. இணைப்புத்திசு

நீர் இடப் பெயர்ச்சி அடைவதும் மிகவும் பாதிக்கப்படுவதால் புரோட்டோசைலத்திற்கு எதிராக உள்ள சில எண்டோடெர் மிஸ் செல்களில் தடிப்புக் காணப்படுகிறது: அல்லது தடிப்பு



படம் 18

வேரின் குறுக்கு வெட்டில் ஒரு பகுதி. எண்டோடெர்மிஸ் செல்களில் காஸ்பேரியன் தடிப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. தடிப்பு இல்லாத செல் செலுத்து செல்லாக (Passage cell) இருக்கிறது.

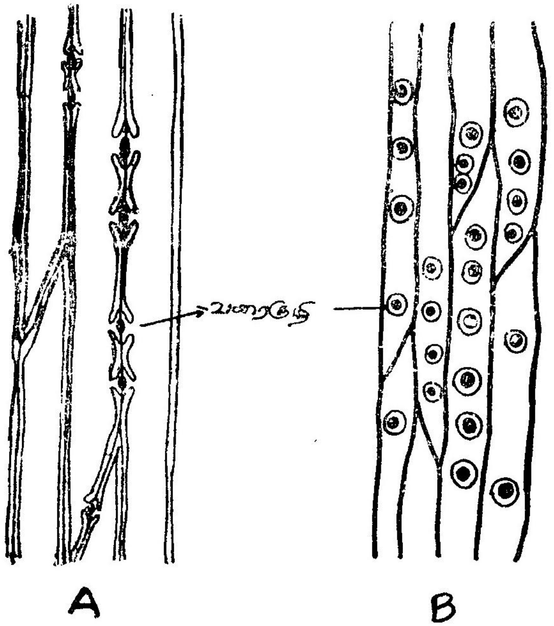
மிகவும் குறைவாகக் காணப்படுகிறது. இத்தகைய செல்கள் வழி செல்கள் (Passage cell) என்று கூறப்படுகின்றன.

ஸ்டீலில் சைலம்கற்றைகளும், புளோயம் கற்றைகளும் எண் ணிக்கையில் வேறுபட்டு வெவ்வேறு ஆரங்களில் காணப்படுகின் றன. சைலம் கற்றைகளின் புரோட்டோசைலம் உள்பக்கமும் காணப்படுகின்றன. பித் காணப்படலாம் அல்லது இல்லாமல் இருக்கலாம்.

(b) சைலம் திசுவின் அமைப்பும், பரவியிருத்தலும் (The Structur and distribution of xylem)

சைலம் எல்லா வாஸ்குலார்த் தாவரங்களிலும் காணப்படு கிறது. இத்திசுவின் பிரைமரி வேலை நீரினைக் கடத்துதல். இது

வேரிலிருந்து இலைவரை ஒரு தொடர்ச்சியான தொகுதியை உண்டாக்குகிறது. செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, ஒரு தாவரத்தின் ஒரு பக்கத்திலுள்ள கிளைகளுக்கு அதே பக்கத்திலுள்ள வேர்த் தொகுதியினுல் நீர் அனுப்பப்படுகிறது என்றும், பக்கவாட்டுக் கடத்தல் இருந்தாலும் மிகவும் மெதுவாக நடை



படம் 19-A, B

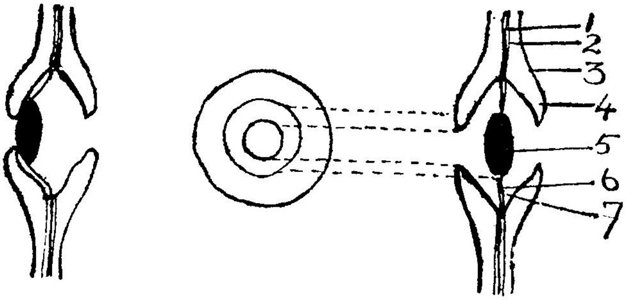
A டிரக்கீடுகளின் ஆரப்போக்கு நீள் வெட்டு வரையுற்ற குழிகளும் நீள்வெட்டில் அமைந்திருக்கின்றன.

B டிரக்கீடுகளின் பரிதி நீள் வெட்டு. வரையுற்ற குழிகள் புறப் பரப்பு (Surface view) அமைப்பைக் காட்டுகின்றன.

பெறுகிறது என்றும் தெரியவருகிறது; ஒரு பக்கத்து வேர்களை அழித்து விட்டால் அதே பக்கத்துக்கிளைகள் பாதிக்கப்படுதலும் மேற்கூறிய கருத்தை வலியுறுத்துகிறது.

தாவரங்களுக்கு ஏற்றவாறு சைலம்திசுவின் பரவியிருத்தல் மாறுபட்டாலும், அதைப்பற்றி இங்கு விளக்குவது தேவையற்ற ஒன்ருகும் பரவியிருத்தல் எப்படியிருந்தாலும், நான்குவகையான செல்கள் சைலத்தில் காணப்படுகின்றன. அவையாவன : டிரக்கீடுகள் (Tracheids), வெஸல்கள் (Vessels), நார்கள், (F(ibers)

ஸைலம் பாரங்கைமா (Xylem Parenchyma). இவற்றில் முதல் இரண்டும் நீரைக் கடத்துதலும், நார்கள் ஆதரவு கொடுத்தலும், பாரங்கைமா சேமிப்பினையும், பக்கவாட்டுக் கடத்தலையும் செய்கின்றன:



படம் 20
வரையுற்ற குழியின் புறப்பரப்புத் தோற்றமும் நீள் வெட்டுத் தோற்றமும்
1. நடு அடுக்கு 2. பிரைமரி உறை 3. ஸெகண்டரி உறை 4, வரை
5. டோரஸ் 6. குழி சவ்வு 7. குழி அறை

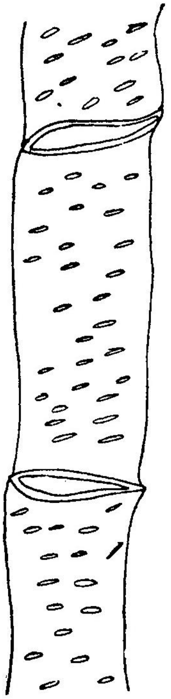
(i) டிரக்கீடுகள் : பெரும்பாலான டெரிடோஃபைட்களி லும், ஜிம்னோஸ்பர்ம்களிலும் டிரக்கீடுகள் மட்டும்தான் நீர்க் கடத்தலைச் செய்கின்றன. ஒரு முதிர்ந்த டிரக்கீடு நீளமான, கூர்மையான நுனிகொண்ட தனி ஸெல்லாகும். உயிரற்ற இந்த ஸெல் கிட்டத்தட்ட 5000 mμ நீளம் வரையும், 30 mμ அகலம் வரையும் இருக்கக் கூடியது. பொதுவாக இவை தொகுதி யாகவும், ஒன்றின் கீழ் ஒன்றாகத் தொடர்ச்சியாகவும் காணப் படுகிறது. ஸெல்லின் உறை லிக்னினால் தடிப்பேற்றுக் காணப்படு கிறது.

ஒரு டிரக்கீடிலிருந்து மற்றொரு டிரக்கீடுக்கு நீர் இடப் பெயர்ச்சி அடைவது அவற்றின் பக்க உறையில் காணப்படும் குழிஜதைகள் இருப்பதைப் பொறுத்தது. இக்குழிகளின் தன்மையும் அமைப்பும் வேறுபட்டாலும், முக்கியமானது வரையுற்ற குழியாகும் (bordered pit). வரையுற்ற குழிஜதை ஒரு சிக்கலான அமைப்பாகும். (படம் 19, 20) பெரும்பாலான குழிகளில் வரை (border) பிரைமரி உறையின் வட்டமான ஒரு பகுதியின் மேலே கோபுர உச்சிவடிவ (dome shaped) ஸெகண்டரி உறை வளைவு ஏற்படுவதால் உண்டாகும் அமைப்பாகும். இப் பகுதியின் பிரைமரி உறை (நடு அடுக்கையும் சேர்த்து) குழி சவ்வு (Pitmembrane) என்று கூறப்படுகிறது. இச்சவ்வின் நடுப்பகுதியில் உள்ள தட்டுவடிவ ஸெகண்டரிஉறை, தடிப்பு டோரஸ் (torus) என்று கூறப்படுகிறது. குழி சவ்வுக்கும், வரைக்கும் (border)

இடையில் உள்ள பகுதி குழி அறை (Pit Chamber) என்று கூறப்படுகிறது. குழியின் துவாரம் (Pit Aperture) டோரஸின் விட்டத்தை விடச் சிறியதாக இருக்கும்.

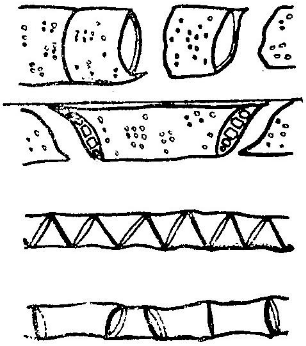
டிரக்கீடின் பக்க உறை சைலம் பாரங்கைமாவுடனோ அல்லது ரே பாரங்கைமாவுடனோ அல்லது நார்களுடனோ தொடர்பு கொள்ளும் பொழுது வரையுற்ற குழிக்குப் பதிலாகச் சாதாரண எளியகுழி பெற்றுக் (Simple Pit) காணப்படும்.

(ix) வெஸல்கள் (Vessels) : பெரும்பாலும் இவை பூக்கும் தாவரங்களில் மட்டும் காணப்படுகிறது. டிரக்கீடுகளிலிருந்து இவை பலவிதத்தில் வேறுபடுகின்றன. பொதுவாக நீளத்தில் குறைந்தும், அகலத்தில் அதிகரித்தும், நுனி உறைகளில் ஒன்றோ அல்லது பல துவாரங்களையோ (Perforations) பெற்றும் இவற்றின் அலகுகள் காணப்படுகின்றன. ஒரு வெஸலில் ஒன்றின் மேல் ஒன்றாக அடுக்கப்பட்ட பல செல்கள் காணப்படுவதால் ஒரு குழாய் போன்ற அமைப்பு ஏற்படுகிறது. (படம் 21)



படம் 21
ஒரு வெஸெல் மூலம்

டிரக்கீடுகள், வெஸல் அலகுகள் ஆகியவற்றின் பக்க உறைகள் வளையத் தடிப்பையோ சுருள் தடிப்பையோ வலைத் தடிப்பையோ அல்லது குழித் தடிப்பையோ (படம் 22) பெற்றிருக்கின்றன. முதல் இரண்டு வகையும் பெரும்பாலும், புரோட்டோசைலம் செல்களிலும் கடைசி இரண்டு வகையும் மெட்டா சைலம், செகண்டரி சைலத்திலும் காணப்படுகின்றன.



படம் 22
வெஸல்களின் இரண்டாம் உறைத்தடிப்பின் வகைகள்

(iii) நார்களும், சைலம் பாரங்கைமாவும் : நார்கள் ஆதரவினையும், சைலம் பாரங்கைமா சேமிப்பையும் நீரின் பக்கவாட்டுக் கடத்தலையும் மேற்கொள்கின்றன என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம்.

(c) இலையின் அமைப்பு (Structure of the Leaf) : புற அமைப்பிலும் உள்

ளமைப்பிலும் இலைகள் மிகுந்த மாற்றங்கள் பெற்று அவை செய்யும் முக்கிய பணியான ஒளிச்சேர்க்கைக்கு ஏற்ப அமைந்துள்ளன. ஓர் இலையின் முக்கியப்பகுதி அதன் இலைப் பரப்பு (lamina) தான். இலைப்பரப்பு மூலம்தான் இலைகள் தம்முடைய பெரும்பகுதிப் புறப்பரப்பை ஒளிக்கும், சூழ்நிலைக்கும் காட்டிக் கொண்டுள்ளன.

வாஸ்குலார் இழைகள் இலைப் பரப்பில் நன்ருகப் பரந்து காணப்படுகின்றன. இதன் மூலம் நீர் இலைப்பரப்பின் எல்லாப் பகுதிக்கும் கிடைக்கிறது. இந்த இழைகள் இலையின் முக்கியத் திசுவான மீஸாஃபில்லின் இடையிடையே பரந்து காணப்படு கிறது. இலையின் சைலத்திலிருந்து நீர் அது ஆவியாகும் பகுதி யான ஸ்டோமாக்களுக்கு மீஸோஃபில் செல்களைக் கடந்துதான் செல்ல வேண்டும். (படம் 16). ஸ்டோமாக்களின் அமைப்புப் பற்றியும், மற்றப் புறத்தோல் செல்களின் அமைப்புப் பற்றியும் அடுத்த அத்தியாயத்தில் விவரமாகப் பார்க்கலாம்.

6. நீராவிப் போக்கு

(Tnanspiration)

வறட்சியான வானிலை இருக்கும்பொழுது எந்த ஓர் இடத்தில் நீர் இருந்தாலும் அது எளிதாக ஆவியாகிறது என்பது ஒரு சாதாரண உண்மையாகும். இதுவே தாவரத்தின் பரப்பி லிருந்து நடைபெற்றால் அதனை நீராவிப்போக்கு என்பர். நீராவிப் போக்கை வரையறுக்க வேண்டுமென்றால், உயிருள்ள தாவரத்தின் தரைமேல் பகுதிகளிலிருந்து நீர் ஆவி வடிவத்தில் வெளியேறுவது என்று கூறவேண்டும். வேர்கள்கூடத் தரைமேல் காணப்பட்டால் அவற்றிலிருந்து கூட நீராவிப்போக்கு நடைபெறும். எனினும் பெரும்பாலான நீராவிப்போக்கு இலைகளின் மூலம்தான் நடை பெறுகிறது.

1. நீராவிப்போக்கு நடைபெறும் இடங்கள்

(Sites of Transpiation)

சென்ற அத்தியாயத்தில் கூறியபடி வளிமண்டலத்திற்குத் தன்னுடைய நீர்படர்ந்த பெரும் பரப்பைக் காட்டிக் கொண் டிருப்பது இலையின் இலைப்பரப்பு (Lamina) தான். எனவேதான் இப்பகுதியிலிருந்து அதிக அளவுக்கு நீராவிப்போக்கு இலையின் மூலம் நடைபெறுகிறது. இவற்றில் கூட ஸ்டோமாக்கள் (Stomata) மூலம்தான் நீர் மிகுதியாக வெளியேறுகின்றது. ஸ்டோமாக்கள் மூலம் நடைபெறும் நீராவிப் போக்கை இலைத்துளை நீராவிப் போக்கு அல்லது ஸ்டோமாட்டல் நீராவிப் போக்கு (Stomatal Transpiration) என்பர்.

இலையின் பரப்பிலும், தண்டின் பரப்பிலும் புறத்தோல் செல்களுக்கு மேல் கூட்டின் என்ற பொருள் படிந்து கூட்டிக்கிள் படலத்தை உண்டாக்கிறது. இப் படலம் நீர் ஆவியாதலை ஓரளவுக்குத் தடை செய்வதாலும், சிறிது நீராவிப்போக்கு இதன் ஊடேயும் நடைபெறும். இதனைக் கூட்டிக்கிள் நீராவிப்போக்கு (Cuticular form) என்பர். கூட்டிக்கிள் படலம் பல தாவரங்

களில் ஒரே சீராக இல்லாமல் ஆங்காங்கே குழி போன்ற பகுதி களைப் பெற்றிருக்கிறது. இவ்வமைப்புகள் தாவரத்திற்கு வயது கூடக்கூட எண்ணிக்கையில் அதிகமாகின்றன. கூட்டிக்கிள் நீராவிப் போக்கில் இக்குழிகள் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன என்று தெரியவருகிறது. இக்குழிப் பகுதிகள் நீர் செலுத்து திறனை (Permeabititry to water) அதிகப்படுத்துகின்றன. ஒருசில தாவரங் களில் கூட்டிக்கிள் படலத்தின் மீது மெழுகு பொருள்களோ (Waxy Substances), பிசின் பொருள்களோ (Resinous Substances) படிகின்றன. எனவே செலுத்துதிறன் மேலும் குறைக்கப்படு கிறது. இவ்வமைப்புகள் வறட்சி நிலத்தாவரங்களிலும், நீராவி யைக் கட்டுப்படுத்த வேண்டிய அவசியமுள்ள தாவரங்களிலும் காணப்படுகின்றன.

குறுக்கு வளர்ச்சி அடைந்த தண்டுகளைக் கொண்ட தாவரங் களில், தண்டின் வெளிப் பகுதியில் கூட்டிக்கிளைவிடச் செலுத்து திறன் குறைவான கார்க் (Cork) என்ற பொருள் காணப்படுகிறது. இங்குதான் பட்டைத் துளைகள் (lenticells) காணப்படுகின்றன. இப் பகுதியில் செல்கள் நிறைய இடைவெளி விட்டு அமைந்திருக் கின்றன; மெல்லிய உறைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. பட்டை யின் புறப் பகுதியில் இவை சற்று மேலே ஏற்றப்பட்ட (raised) பகுதிகளாகக் காட்சி அளிக்கின்றன. குறுக்கு வளர்ச்சி அடைந்த தண்டுகளிலிருந்து நடைபெறும் நீராவிப் போக்கு பட்டைத் துளைகள் வழியாகவே ஏற்படுகிறது. இத்தகைய நீராவிப் போக் கைப் பட்டைத் துளை நீராவிப் போக்கு (lenticular transpiration) என்றழைப்பர்.

மேற் கூறிய மூன்று வகை நீராவிப் போக்குகளும் ஒரே மாதிரி யான சிறப்பு வாய்ந்தவை அல்ல; முக்கியமாகப் பட்டைத் துளை நீராவிப் போக்கு. இதற்கு ஆதாரம், சேமிப்பு செய்யப்பட்ட உருளைகிழங்குகள் மிக மிகக் குறைந்த அளவில் நீரினை இழப்பது தான். கிழங்கினைச் சுற்றி உள்ள உறையில் பல பட்டைத் துளைகள் இருப்பினும் நீராவிப் போக்கு மிகமிகக் குறைவாகவே இருக் கிறது.

பின்னால் கூறப்படுவது போல, ஸ்டோமாக்கள் இலையின் இரு பகுதிகளிலுமோ அல்லது கீழ்ப் புறத்தில் மட்டுமோதான் காணப் படுகின்றன. இரண்டு பகுதிகளிலும் காணப்படுகின்ற ஒரு தாவரத்தை எடுத்து அதில் இரண்டு பரப்புகள் வழியாகவும் நடை பெறும் நீராவிப் போக்கின் அளவை நிர்ணயம் செய்த பொழுது, கீழ்ப் பகுதி மூலம் அதிகம் நடைபெறுவது தெரியவருகிறது. இதற்கு, கீழ்ப் புறத்தோலில் உள்ள அதிக அளவு ஸ்டோமாக்கள்

ஒரு காரணமாக இருந்தபோதிலும், மேற்புறத் தோலைவிடக் கீழ்ப் புறத் தோலில் உள்ள கூட்டிக்கிள் படலம் மெல்லியதாக இருப்பதும் காரணமாகிறது. இளம் இலைகள் கொண்ட தாவரங்களிலும், ஒளிபடா இலைகள் கொண்ட தாவரங்களிலும் கூட்டிக்கிள் படலம் மிகவும் மெல்லியதாக இருக்கிறது; இங்கு கூட்டிக்கிள் நீராவிப் போக்கு அதிகமாக இருக்கிறது. எப்படி இருந்த போதிலும், மொத்த நீராவிப் போக்கில் கூட்டிக்கிள் மூலம் நடைபெறும் நீராவிப் போக்கு 10 சதவிகிதத்திற்கு மேலே இருக்கவே இருக்காது.

(2) ஸ்டோமாக்கள் (Stomata)

இலைத்துளை நீராவிப் போக்கின் அளவு மிகவும் அதிகமாக இருப்பதாலும், மேற்கூறிய மூன்று வகைகளில் அது முக்கிய இடம் வகிப்பதாலும், ஸ்டோமாக்கள் பரவியிருக்கும் விதம், அமைப்பு, வாழ்வியல் ஆகியவற்றைப்பற்றிப் பார்ப்பது அவசிய கிறது.

(a) பரவியிருத்தல் (distribution) : ஆல்காக்கள், பூஞ்சைகள், பல பிரையோஃபைட்கள் தவிர ஏனைய தாவரங்கள் பலவற்றிலும் ஸ்டோமாக்கள் காணப்படுகின்றன. எந்தத் தாவரத் தொகுதியில் இருந்தாலும் ஸ்டோமாக்கள் அடிப்படை அமைப்பில் குறிப்பிடத் தக்க வேறுபாடுகளைக் காட்டுவதில்லை. உயர்நிலைத் தாவரங்களில் குறுக்கு வளர்ச்சியடைந்த தண்டுப் பகுதிகளைத் தவிரவும், தரைக் கீழ் வேர்களைத் தவிரவும் மற்றப் பகுதிகளில் ஸ்டோமாக்கள் காணப்படுகின்றன. எனினும், பெரும்பான்மையான ஸ்டோமாக்கள் இலைகளில்தான் அமைந்திருக்கின்றன. பூவிதழ்களிலும், சூலகங்களிலும் கூட ஸ்டோமாக்கள் காணப்படுவதாகத் தெரிய வருகிறது. முழுதும் நீரில் மூழ்கியுள்ள தாவரங்களில் ஸ்டோமாக்கள் கிடையாது; அவை இருந்தாலும் முழுதும் வளர்ச்சியடையாமல் இருந்து செயலற்றுக் காணப்படுகின்றன.

பல தாவரங்களில் இலைகளின் இரு புறத் தோல்களிலும் ஸ்டோமாக்கள் காணப்படுகின்றன. ஆனால், இவற்றில் மேற்புறத்தோலில் உள்ள ஸ்டோமாக்களின் அளவைவிடக் கீழ்ப்புறத் தோலில் உள்ள ஸ்டோமாக்களின் அளவு மிகவும் அதிகம். சில தாவரங்களில், மேற்புறத் தோலில் ஸ்டோமாக்களே கிடையாது; கீழ்ப்புறத் தோலில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. அட்டவணை 2-ல் சில தாவரங்களின் இலையின் மேற்புறத் தோல், கீழ்ப்புறத் தோல் ஆகியவற்றில் காணப்படும் ஸ்டோமாக்களின் எண்ணிக்கை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது (பக். 60).

ஒரே தாவரத்தில், ஒரே உறுப்பில் காணப்படும் ஸ்டோமாக்களின் எண்ணிக்கை சாதாரணச் சூழ்நிலையிலேயே மாறுபடலாம். சூழ்நிலை அம்சங்களும், தாவர அம்சங்களும் கூட அவற்றின் எண்ணிக்கையையும் பரவியிருத்தலையும் கட்டுப்படுத்துகின்றன. இதனை மியூசெல் (Meusel 1963) என்பவர் செய்த ஆராய்ச்சிகள் நிரூபிக்கின்றன. போவா அன்னுவா (poa annua) என்ற புல்லை வெவ்வேறு நீர் அளவில் (water levels) இவர் வளர்த்தார். மொத்தப் புறத்தோல் ஸெல்களில் எவ்வளவு ஸ்டோமாக்கள் இருக்கின்றன என்று மேற்கூறிய தாவரங்களில் இவர் எண்ணிப் பார்த்தார். புறத்தோல் ஸெல்கள்—ஸ்டோமாக்கள் எண்ணிக்கையின் வேறுபாடு விழுக்காடு மிக அதிக நீர் பெற்ற தாவரத்திலும் (வாரத்திற்கு 6 தடவை நீர் ஊற்றப்பட்டது) மற்றவற்றிலும் (வாரத்திற்கு 1 தடவை) மிக அதிகமான வித்தியாசத்தைக் காட்டியது. முதல் வகையான தாவரத்தில் இரண்டு புறத்தோல் ஸெல்களுக்கு ஒரு ஸ்டோமா வீதமும், இரண்டாவதில் நான்கு அல்லது ஐந்திற்கு ஒரு ஸ்டோமா வீதமும் காணப்பட்டன. எனினும் ஒரு சதுர மில்லி மீட்டருக்குக் காணப்படும் ஸ்டோமாக்களின் எண்ணிக்கை இரண்டிலும் வேறுபடவில்லை.

அட்டவணை-2

ஒரு சதுர செ.மீ.க்குக் காணப்படும் ஸ்டோமாக்களின் எண்ணிக்கை (இலையில்)

தாவரம்		மேற்புறத்தோல்	கீழ்ப்புறத்தோல்
1.	ஆப்பிள்	—	38,760
2.	அவரை	4,031	24,806
3.	சோளம்	6,047	9,922
4.	ஓக்	—	58,140
5.	ஆரஞ்சு	—	44,961
6.	பூசனி	2,791	27,132
7.	சூரியகாந்தி	8,527	15,504
8.	ஆமணக்கு	6,400	17,600
9.	ஓட்ஸ்	2,500	2,300
10.	தக்காளி	1,200	13,000
11.	கோதுமை	3,300	1,400
12.	ஸில்லா (Scilla)	5,500	5,100
13.	ஆக்ஸாலிஸ் (Oxalis)	0	4,500
14.	மெடிகாகோ	16,900	13,800
15.	முட்டைக்கோஸ்	14,100	22,600
16.	உருளைக்கிழங்கு	5,100	16,100

1 to 7—வில்ஸன், லூமிஸ் (Wilson & Loomis 1962) புத்தகத்திலிருந்து 8 to 11—எக்கர்ஸன் (Eckerson 1908) ஆராய்ச்சிபடி. 12&13—ஸாலிஸ்பரி (Salisbnry 1927) ஆராய்ச்சிபடி. 13 to 16 மில்லர் (Millar 1938) புத்தகத்திலிருந்து.

(b) அமைப்பு ((structure) : ஒவ்வொரு ஸ்டோமாவும் இரண்டு தனிப்பட்ட புறத்தோல் செல்களைக் கொண்டது. இவற்றைக் காப்புசெல்கள் என்பர். இவை மற்றப் புறத்தோல் செல்களிலிருந்து உருவத்திலும், அளவிலும், அமைப்பிலும் வேறுபடுகின்றன. இந்த இரண்டு காப்பு செல்களும் ஒரு எலிப்ஸ் வடிவத்துளையைச் சூழ்ந்துள்ளன (படம் 23a). துளையின் அளவு தாவரங்களுக்கு ஏற்பவேறு படும்; ஒரே தாவரத்திலும் வெவ்வேறு சூழ்நிலைகளில் துவார அளவு வேறுபடுகிறது (அட்டவணை 3).

அட்டவணை—3

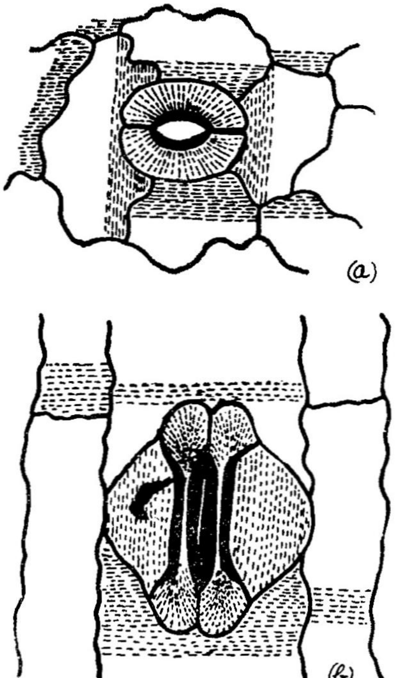
ஸ்டோமா திறந்திருக்கும் பொழுதும், மூடியிருக்கும் பொழுதும் சில தாவரங்களில் அவற்றின் அளவு

	தாவரம்	துவார அளவு (m μ ல்) திறந்திருக்கும் பொழுது (நீளம் × அகலம்)	மூடியிருக்கும் பொழுது (நீளம் × அகலம்)
1.	வெங்காயம்	19 × 10	19 × 1
2.	பீன்ஸ்	25 × 12	25 × 1
3.	ரானன்குலஸ்	19 × 9	19 × 1
4.	சூரியகாந்தி	22 × 8	—
5.	அவரை	7 × 3	—
6.	ஆமணக்கு	10 × 4	—
7.	சோளம்	19 × 5	—
8.	ஓட்ஸ்	38 × 8	—
9.	தக்காளி	13 × 6	—
10.	கோதுமை	38 × 7	—

காப்பு செல்கள் பெரும்பாலான தாவரங்களில் புறத்தோலின் மற்ற செல்கள் மட்டத்திலிருந்து சற்று உள்ளமுங்கிக் காணப்படுகின்றன; அலரி போன்ற தாவரங்களில் குழிகளில் காணப்படுகின்றன.

காப்பு செல்களின் உறைகள் குறிப்பிடத்தக்க அமைப்புடையவை. உறைத்தடிப்புகள் காப்புசெல்களின் ஒரு சில குறிப்பிட்ட பகுதிகளில் காணப்படுவது போல வேறு எந்தப் புறத்தோல் செல்களிலும் பொதுவாகக் காணப்படுவதில்லை. எனினும் காப்புசெல்களில் உறை அமைப்பு மற்ற செல்களின் பிரைமரி உறையமைப்பை ஒத்திருக்கிறது. எலக்ட்ரான் மைக்ரோஸ்கோப் ஆராய்ச்சிகளின் மூலம் காப்புசெல் உறைகளின் அமைப்பு தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளது. விறைப்பான, மந்தமான (inert) தொடர்ச்சியற்ற செல்லுலோஸ் மைக்ரோஃபைப்ரில்கள்,

(Cellulose microfibrils) ஓர் அமைப்பற்ற தளத்தில் (matrix) பொதிந்து காணப்படும்படியான உறை காப்பு செல்களில் உள்ளது. இந்தத் தளத்தில் கிளைத்த ஹெமிசெல்லுலோஸ்களும், பெக்டின்களும், மற்ற பாலிஸாக்கரைடுகளும் இருக்கின்றன. இந்த அமைப்பற்ற தளத்தின் (amorphous matrix) காரணமாகத் தான் காப்புசெல் உறைகள் மீள் சக்தி கொண்டவைகளாக இருக்கின்றன என்று கருதப்படுகிறது. தடிப்பான உறைப் பகுதிகளில் அமைப்பற்ற தள அடுக்குகளும், பின்னப்பட்ட செல்லுலோஸ் மைக்ரோஃபைப்ரில்கள் கொண்ட அடுக்குகளும் மாறி மாறி வருகின்றன. மைக்ரோஃபைப்ரில்கள் அமைந் திருக்கும் திசை காப்பு செல் செல்லின் நீள் அச்சுக்குக் குறுக்காக அமைந்திருக்கிறது (இது எலிப்ஸ் வடிவ காப்புசெல் ஜதைக்குப் பொருந்தும்). புற்களின் காப்பு செல்கள் சப்பளாக் கட்டை



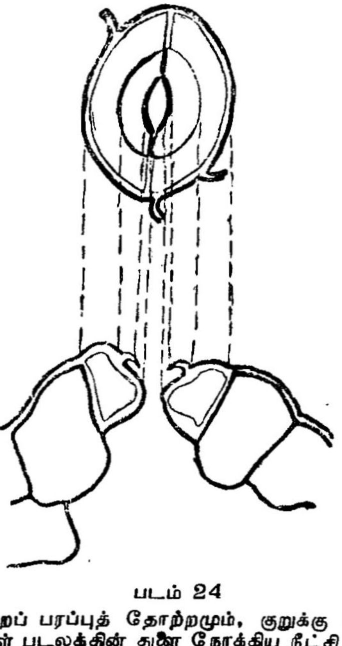
படம் 23-a, b

a எல்லிப்ஸ் வடிவ ஸ்டோமாவின் அமைப்பு.

b புல் வகை (Graminaceous) ஸ்டோமாவின் அமைப்பு செல்களின் செலுலோஸ் மூலக் கூறுகளின் திசைகள் (Orientation) விட்டு விட்டுப் போடப்பட்ட கோடுகளால் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வடிவானது (dumb-bell shaped). இவற்றின் அகன்ற பகுதியில் செல்லுலோஸ் மைகரோஃபைப்ரில்கள் செல்லின் நீள் அச்சுக்கு இணையாக அமைந்திருக்கின்றன (படம் 23 a யும் படம் 23bயும் ஒப்பிடுக). ஆட்டோரேடியோ கிராஃபி (autoradiogra ph) மூலமும் அணுசக்தி வாய்ந்த அதிக எடையுள்ள ஹைட்ரஜன் கொண்ட நீர் (tritiated water) கொடுத்துச் செய்த ஆராய்ச்சி மூலமும், காப்புசெல்களின் உறையின் எல்லாப்பகுதியும் செல்லுலோஸ் மைக்ரோஃபைப்ரில்களை உண்டாக்குகின்றன என்று தெரியவருகிறது. மேலும் மற்ற செல்களில் செல்லுலோஸ் உண்டாக்கப்படுவதை விடக் காப்புசெல்களில் அவை துரிதமாக உண்டாக்கப்படுகிறது என்றும் தெரிகிறது.

மற்றப்புறத்தோல் செல்களை மூடியுள்ள கூட்டிக்கிள் படலம் காப்பு செல்களுக்கும் நீட்சியடைகிறது (extend). சில சமயம் அது ஸ்டோமா துளைக்கும் நீண்டு துளையின் உறையில் படிந்து



படம் 24
ஸ்டோமாவின் புறப் பரப்புத் தோற்றமும், குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றமும். கூட்டிக்கிள் படலத்தின் துளை நோக்கிய நீட்சி குறுக்கு வெட்டில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

காணப்படுவதுண்டு (படம் 24). சில சமயம் இந்த கூட்டிக்கிள் படலத்தின் மேல் மெழுகு பொருள்களும் படிவதுண்டு; இது பெரும்பாலும் வயது அடைந்த தாவரத்தில் உண்டாகிறது.

நீரும் மற்றத் திரவப்பொருள்களும், மெழுகு படலம் உள்ள துளையின் வழியாகச் செல்ல வேண்டுமானால் மிகவும் கடினம்.

காப்பு செல்களின் வெளி உறைகளிலும், மற்றப்புறத்தோல் செல்களின் வெளி உறைகளிலும் பல நுண்ணிய சிறு வழிகள் (passages) காணப்படுவதாக ஜெர்மன் நாட்டு ஆராய்ச்சி யாளர்கள் கூறுகிறார்கள் (Franke 1962; Sievers 1959). இவற்றிற்கு எக்டோடெஸ்மாக்கள் (ectodesmata) என்று பெயர். இந்த வழிகள் செல்லின் பிளாஸ்மா சவ்விலிருந்து கூட்டிக்கிள் படலம் வரை வியாபித்துள்ளன. இவை கூட்டின் படிதலிலோ அல்லது கூட்டிக்கிள் மூலம் பொருள்கள் உறிஞ்சப்படுவதிலோ பெரும்பங்கு வகிக்கலாம் என்று நம்பப்படுகிறது. இவை பிளாஸ்மோ டெஸ்மாக்களில் (plasmodesmata) இருந்து வேறுபடுகின்றன.

காப்பு செல்களில் பிளாஸ்மோ டெஸ்மாக்கள் கிடையாது. (புறத்தோல் செல்களில் உண்டு).

ஒரு தாவரத்தின் புறத்தோல் செல்களில் அதிக நிறமிகள் (colouring substances) இருந்த போதும், காப்புசெல்களில் அவை காணப்படுவதில்லை. கால்சியம் ஆக்ஸலேட் படிகங்களும் இதே போன்று காப்புசெல்களில் காணப்படுவதில்லை. புகையிலைத் தாவரத்தின் இலையில் காப்புசெல்களில் மட்டும் வைரஸ் படிகங்கள் (TMV Viral inclusions) காணப்படுவதில்லை என்ற ஷெப்பீல்டின் (Sheffield 1936) ஆராய்ச்சியும் இங்குக் குறிப்பிடத் தக்கது.

புறத்தோலின் மற்ற செல்களையும், காப்பு செல்களையும், எளிதாக வேறுபடுத்தும் சைட்டோபிளாஸப் பொருள், செயல் திறமை வாய்ந்த பசுங்கணிகங்கள் காப்புசெல்களில் மட்டும் காணப்படுவதுதான். இக்கணிகங்களில் பச்சையம் a, b என்ற இரண்டும் காணப்படுகின்றன. காப்புசெல்களில் பச்சையம் காணப்படாவிடில் அவை ஒளியின் அளவிற்கும், தன்மைக்கும் ஏற்ப மாறுபடுவதில்லை அதிக அளவிற்கு ஸ்டார்ச்சையும் காப்புசெல்கள் கொண்டிருக்கின்றன. ஒரு மீஸோபில் செல் கொண்டிருக்கின்ற ஸ்டார்ச்சின் அளவை விடக் காப்புசெல் பல மடங்கு அதிக ஸ்டார்ச்சைக் கொண்டுள்ளது. பல தாவரங் களில் எண்ணெய்த்துளிகளும், மைட்டோகாண்ரியாக்களும் காப்புசெல்களில் காணப்படுகின்றன.

பாஸ்பாரிலேஸ் (phosphorylase) என்ற என்ஸைமும், ATP-யும், காப்புசெல்களில் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் காரணமாகக் காப்புசெல்களில் மிகத் தீவிரமான வளர்சிதை

மாற்ற நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன என்று தெரியவருகிறது. இதனைக் காப்புசெல்களில் O Pயின் அளவும், PH-ன் அளவும் அடிக்கடி மாறுவதிலிருந்தும் தெரிந்து கொள்ளலாம் (அட்டவணை 4). (விவரங்கள் பின்னால்) ஒப்புநோக்குவதற்காகப் புறத்தோல் செல்களின் அளவும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 4

காப்புசெல்கள், புறத்தோல் செல்கள் ஆகியவற்றின் வாக்வோல் சாற்றில் ஏற்படும் OP, PH அளவு மாற்றங்கள். (OP Value in Bar).

தாவரம்	காப்பு செல்கள் திறந்திருக்கும் பொழுது	காப்பு செல்கள் மூடியிருக்கும் பொழுது	புறத்தோல் செல்கள் காப்பு செல்கள் திறந்திருக்கும் பொழுது	புறத்தோல் செல்கள் காப்பு செல்கள் மூடியிருக்கும் பொழுது
O. P அளவு				
1. வெரோனிக்கா	25	20	12	12
2. வெங்காயம்	18	15·3	5·5	5·5
3. ரூமெக்ஸ்	19	13	14	13
4. சர்க்கரை வள்ளிக்கிழங்கு	32	22	12	12
5. பீன்ஸ்	10·3	8·7	6·5	6·5
P. H அளவு				
ரூமெக்ஸ் அஸிடோஸ (Rumex acetosa)	5·6	4·5	5·6	7·7

(c) ஸ்டோமாக்களின் வாழ்வியல் (Physiology of stomata)

(i) ஸ்டோமா துளைகளின் மூலம் பரவல் (Diffusion through stomatal aperture): மீஸோபில் செல்களின் உறை நீரினால் ஊடுருவப்பட்டுள்ளது (impregnated). இதற்குக் காரணம் அவற்றின் உறையில் உறையில் உள்ள செல்லுலோஸின் உள்ளீர்த்தல் பண்பும், அவற்றின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே உள்ள நுண்துளைகளின் தந்துகிக் கவர்ச்சியும்தான். இந்த செல்களிலிருந்து நீர் ஆவியாகும் பொழுது, செல்களுக்கிடையில் உள்ள காற்று நீராவியால் பூரிதமடைகிறது. இதன் காரணமாகத்தான் ஸ்டோமாக்கள் வழியாக நீர் இலையின் உள்ளிருந்து வெளிக் காற்றுக்கு எளிதாகப் பரவுகிறது. இப்பரவல் நிகழ்ச்சி எவ்வளவு விரைவாக நடைபெறுகிறது என்பது நீரின் பாதையில்

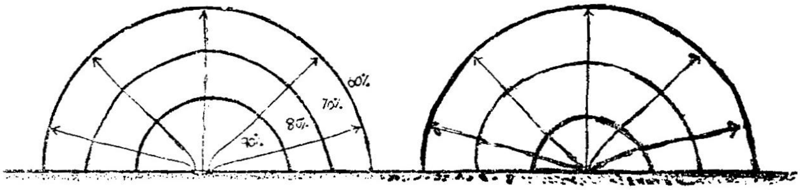
உண்டாகும் பரவு அழுத்த வித்தியாசம் எவ்வளவு வேகமாக மாற்றத்தைப் பெறுகிறது என்பதைப் பொறுத்தது. அதாவது நீராவியின் அடர்த்தி அது செல்லும் பாதையில் எவ்வளவு மாற்றத்தை அடைகிறது என்பதுதான். மீஸோஃபில் ஸெல் பரப்பில், காற்று சாரணமாகக் கிட்டத்தட்ட நீரினால் பூரிதமடைந்திருக்கும்; அப்பொழுது அதன் DPD கிட்டத்தட்ட பூஜ்யமாகும். இப்பரப்பிலிருந்து ஸ்டோமாதுளை இருக்கும் தூரம் நிலையானதால் (அதாவது பரவு தூரம்), பரவு அழுத்த வித்தியாசமும் (diffusion pressure gradient) அதன் விளைவாக நீராவிப் போக்கின் அளவும், ஸ்டோமாவுற்கு வெளியில் உள்ள காற்றின் DPD யை அல்லது ஈரப்பதத்தை (humidity) பொறுத்தது.

வெளிக்காற்று நிலையாக (motionless) அசையாமல் இருந்தால், ஒவ்வொரு ஸ்டோமாவுக்கும் மேலே, தொடர்ச்சியாக விரிந்து கொண்டிருக்கும் (gradually extending) கோபுரவடிவ நீராவிக்கூடு உண்டாகும். இவ்வமைப்பு உண்டாவதற்குக் காரணம் ஒவ்வொரு துவாரத்திலிருந்தும் நீரின் மூலக்கூறுகள் பல்வேறு கோணங்களில் வெளிவருவதுதான். நீராவிக் கூட்டின் (Vapour shell) அடர்த்தி துளைக்குச் செங்குத்தாக நேராக அதிகமாகவும், பரிதிப்பக்கம் (Circumference) வெளிச் சூழ்நிலை அடர்த்திக்குச் சமமாகவும் இருக்கும். இக்கூடு தடிப்பில் அதிகமாகும் பொழுது, துளையின் வழியாக வெளியேறும் (வெளிப்பக்கக் காற்று நோக்கி) நீராவின் பரவு அழுத்த வேறுபாடு அளவில் குறைகிறது? இதன் விளைவாக நீராவிப் போக்கின் அளவும் குறைகிறது; இதன் விளைவாக நீராவிப் போக்கின் அளவும் குறைகிறது. ஆனால், இலைப்பரப்பு காற்றால் பாதிக்கப் படும்பொழுது இந்த நீராவிக் கூடுகள் தோன்றுவதில்லை; நீர் கொண்ட பூரிதக் காற்றும் தேக்கமடைவதில்லை; பரவு அழுத்த வேறுபாடும் அதிகமாக இருக்கிறது. இதன் விளைவாக நீராவிப் போக்கு அதிகமாகிறது. எனவே, அசையும் காற்று அதிக அளவு நீராவிப் போக்கு நடைபெறுவதை ஊக்குவிக்கிறது.

ஸ்டோமாக்கள் முழுதும திறந்திருக்கும் பொழுது, அதே அளவு பரப்புக் கொண்ட ஒரு நீர்ப்பரப்பிலிருந்து ஏற்படும் நீர் இழப்பைவிட கிட்டத்தட்ட 50 தடவை அதிக விசையுடன் நீரினை வெளியேற்றுகின்றன. (மற்றச் சூழ்நிலைகள் எல்லாம் ஒன்றாக இருக்கும் பொழுது). இலையின் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பிலிருந்து நடக்கும் நீராவிப் போக்கின் அளவு (rate) பொதுவாக, அதே பரப்புக் கொண்ட ஒரு நீர்ப்பரப்பிலிருந்து நடைபெறும் ஆவியாதலின் அளவில் (rate) பாதிதான் இருக்கிறது. இலையின்

மொத்தப் பரப்பில் ஸ்டோமா துளைகள் 1 சதவிகிதம்தான் என்றிருந்தும்கூட மேலே கூறியபடிதான் நடக்கிறது. முழுவதும் மூடியிருப்பதிலிருந்து அரையளவு திறந்திருப்பதுவரை இருந்தால் தான் ஸ்டோமா, நீராவிப் போக்கின் அளவில் குறிப்பிடத்தக்க அளவு விளைவினை ஏற்படுத்துகிறது என்பதும் ஒரு முக்கியமான உண்மையாகும்.

ஸ்டோமாக்கள் ஏன் இவ்வளவு சிறப்பான முறையில் வாயு பரிமாற்றத்தை ஊக்குவிக்கின்றன என்பது ஸ்டோமா போன்ற துளைகளில் செய்த ஆராய்ச்சிகள் மூலம் தெரியவருகிறது. இத்தகைய ஆராய்ச்சிகளை முதன்முதலில் பிரவுனும், எஸ்கோம்பியும் (Brown & Escombe 1900)செய்தனர். நீர்ப் பரப்பை மெல்லிய, பல துளைத்தடுப்புக் கொண்டு தெரிந்த ஈரப்பதம் கொண்ட வெளிக்காற்றிலிருந்து பிரிக்கும் போது அப்பரப்பிலிருந்து தடுப்பின் மூலம் ஆவியாகும் நீரின் அளவு கணக்கிடப்பட்டது. சில தடுப்புகள் வெவ்வேறு விட்டம் கொண்ட ஒரே துளையைக் கொண்டவை. வேறு சில தடுப்புகள் ஒரே விட்டமுடைய பல துளைகளைக் குறிப்பிட்ட இடை வெளி களில் பெற்றுக் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் மூலம் செய்யப் பட்ட ஆராய்ச்சிகளினால் பெற்ற உண்மைகள் ஸ்டோமாக் களிலிருந்து நீர் வெளியேறும் செயல் முறையை விளக்குவதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

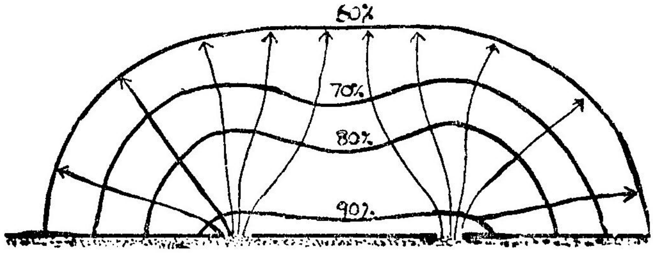


படம் 25

நிறைய இடம் விட்டு அமைந்துள்ள ஒரே அளவுள்ள இரண்டு துளை களின் மூலம் நீர் ஆவியாதலையும் அங்கு உண்டாகும் பரவல் கூடுகளை யும் காட்டும் படம். இரண்டு பரவல் கூடுகளும் தனித்தனியாக இருப் பதைக் காண்க.

படம்-25 ல் ஒரு நீர்ப்பரப்பு காற்றுபுக முடியாத தடுப்பினால், நீர்ப்பதமற்ற, அசையாத காற்றிலிருந்து பிரிக்கப்படுகிறது. இத்தடுப்பில் இரண்டு சிறிய துளைகள் மட்டும் நிறை இடம் விட்டு அமைந்திருக்கின்றன. பரவு கூடுகள் (diffusion shells) ஒவ்வொரு துளைக்கும் மேலே உண்டாக்கப்படுகிறது; இரண்டின் மூலமும் நடைபெறும் பரவுதல் அளவு சமமாகும். துளையின் விளிம்பி லிருந்து வெளியேறும் நீரின் மூலக்கூறுகள் மிகவும் வேகமாகப் பரவுகின்றன; நடுவில் வெளியேறும் மூலக்கூறுகள் பரவுதல் சற்று

மெதுவாக நடைபெறுகிறது. ஏனெனில் நடுவிலிருந்து வெளி யேறும் மூலக்கூறுகள் அவற்றைச் சுற்றிப் பரவும் மூலக்கூறுகளால் பாதிக்கப்படுகின்றன. ஆனால், விளிம்பிலிருந்து வெளியேறும் மூலக்கூறுகள் மற்ற மூலக்கூறுகளால் சூழப்படுவதில்லை.



படம் 26

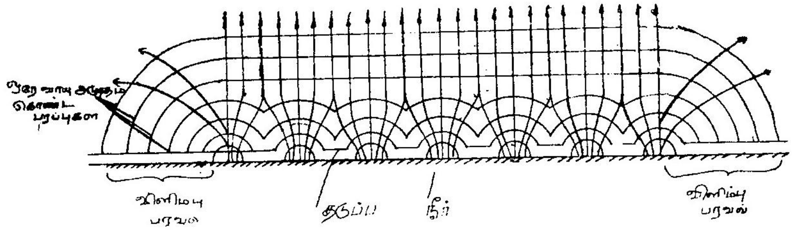
துளைகள் அடுத்தடுத்து இருப்பதனால் இரண்டின் பரவல் கூடுகளும் இணைகின்றன இதனை முன் படத்துடன் ஒப்பிடுக.

படம் 26-ல் தடுப்பில் இரண்டு துளைகளும் சற்று அருகாமையில் அமைந்திருக்கின்றன. இரண்டு துளைகளின் பரவு கூடுகளும் (diffusion shells) ஒன்றோடு ஒன்று மோதிக்கொள் கின்றன. எங்கு இரண்டு கூடுகளும் ஒன்று சேருகின்றனவோ அங்கு நீராவியின் அடர்த்தி மற்ற இடங்களில் இருப்பதைவிட மிக அதிகம். இதன் காரணமாக, இரண்டு துளைகளின் மூலம் நடைபெறும் ஆவியாதலின் அளவு குறைக்கப்படுகிறது. எந்த இடத்தில் இரண்டுகூடுகளும் சேருகின்றனவோ அங்கு இரண்டு கூடுகளும் ஒத்து வருகின்றன (Coincide) இரண்டு தனிக் கூடுகளின் மொத்தப் பரப்பைக் கூட்டினால் எவ்வளவு இருக்குமோ அதே அளவு பரப்பை இந்த ஒன்று சேர்ந்த கூடு பெற்றிருந்தாலும் மொத்த ஆவியாதல் அளவு (total evaporation rate) மிக அதிக மாகக் குறைக்கப்பட்டுவிட்டது. இதனை இன்னொரு முறையிலும் கூறலாம். ஏற்கெனவே கூறியபடி, துளையின் விளிம்பில் ஆவியாதல் வேகமாக நடைபெறுகிறது, இங்கு இரண்டு துளைகளின் ஒரு விளிம்பிலிருந்து வெளியேறும் மூலக்கூறுகள் நடுவில் சேருவதால் கூட்டின் பரிதி குறைக்கப்படுகிறது. இதனால் மொத்த ஆவியாதல் குறைக்கப்படுகிறது.

பல துளைகள் அடுத்தடுத்துக் காணப்படும் தடுப்பும் அவற்றின் வழியாக உண்டாகும் பரவு கூடுகளும் படம் 27-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

இந்தக் கொள்கைகளை ஸ்டோமாக்களுக்குப் பயன்படுத்தினால் ஏன் அவை மிக அதிக அளவு வாயுப் பரவலை அனுமதிக்கின்றன

என்பது எளிதாகப் புரியும். மேலும், பரவலின் அளவு துளையின் பரப்பை விட (area) பரிதியைப் பொறுத்தது என்ற உண்மையை உணர்ந்தால், ஸ்டோமாக்கள் முழுதும் திறந்திருப்பதை விட, முழுதும் மூடியோ அல்லது பாதி மூடியோ இருக்கும்பொழுது மிக நன்றாக நீர் வெளியேறுவதைக் கட்டுப்படுத்துகிறது என்பது தெளிவாகும்.



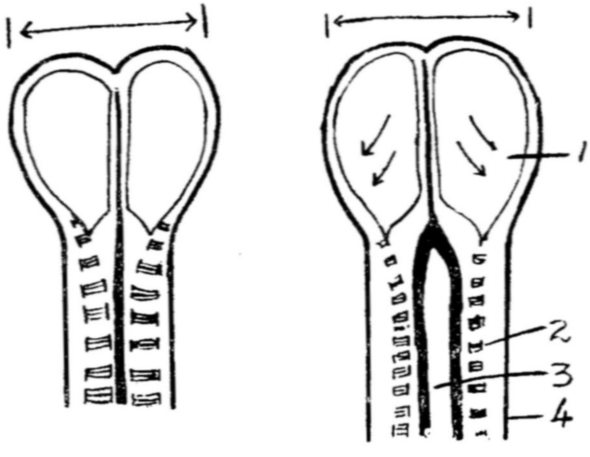
படம் 27

பல துளைகள் மிக மிக அடுத்தடுத்து இருப்பதனால் அவற்றின் பரவல் கூடுகள் மிகவும் சிக்கலான இணைப்பை உண்டாக்குகின்றன.

நிலையான காற்று இருக்கும்பொழுது பல் துளைத்தடுப்பில் உள்ள துளைகள் ஒவ்வொன்றும் அவற்றின் விட்டத்தில் பத்துப் பங்கு அளவு தள்ளித் தள்ளி அமைந்திருந்தால், அடுத்தடுத்த பரவல் கூடுகள் அதிக அளவுக்கு இடித்துக் கொள்வதில்லை. இதனால் ஒவ்வொரு துளையின் மூலமும் எந்த அளவுக்குப் பரவல் நடைபெறுமோ அந்த அளவுக்கு நடைபெறும். ஸ்டோமாக்கள் சாதாரணமாக அவற்றின் விட்டத்தில் பத்துப் பங்கு விட்டம் தள்ளித்தள்ளிதான் அமைந்திருக்கின்றன. எனினும் இங்கு சிக்கல்கள் உள்ளன. (1) ஸ்டோமாக்களின் துளை அளவு ஒரே மாதிரியாக இருப்பதில்லை; (2) எல்லா ஸ்டோமாக்களும் ஒரே அளவிற்கு மூடியோ திறந்தோ இருப்பதில்லை; (3) ஸ்டோமாக்கள் ஒரே சீராக இலையில் பரவிக் காணப்படுவதில்லை. (4) வெளிக் காற்று எப்பொழுதும் அசைவற்றோ அல்லது எப்பொழுதும் அசைந்து கொண்டோ இருப்பதில்லை.

(ii) துளையின் அளவு கட்டுப்படுத்தப் படுதல் (Control of pore size): துளையின் அளவு காப்பு செல்களின் ஒப்பு விறைப்பாலும் (relative furgor) மற்ற செல்களின் (முக்கியமாகத் துணை செல்களின்—Subsidiary cells) ஒப்பு விறைப்பாலும் நிர்ணயம் செய்யப் படுகிறது. காப்பு செல்களின் விறைப்பு குறைவாக இருந்தால் துளை மூடியிருக்கும். காப்பு செல்களுக்கு உள்ளே நீர் மற்றப் புறத்தோல் செல்களிலிருந்து (குறிப்பாக துணை செல்களிலிருந்து) இடப் பெயர்ச்சியடையும் பொழுது, அவற்றின் உறைகள் நீள்

கின்றன (stretch). எலிப்ஸ் வடிவான ஸ்டோமாக்களின் காப்பு செல்களில், உறைகளின் செல்லுலோஸ் மூலக்கூறுகள் செல்லின் நீள் அச்சுக்குக் குறுக்காக அமைந்திருப்பதால் அவை நீட்சி அடைகின்றன. ஆனால் காப்பு செல்களின் துவாரத்தைச் சூழ்ந்துள்ள உறைகள் மிகவும் தடிப்பாக இருப்பதால் அவை நீட்சி அடைவதில்லை; எனினும் வெளி உறை மிகுந்த நீட்சி அடைவதால் காப்பு செல்கள் பரப்பு நோக்கில் (Surface view) மிகுந்த வளைவைப் பெறுகின்றன; அவை இருகாப்பு செல்களின் உள் உறையையும் ஒன்றை விட்டு ஒன்று விலகுமாறு செய்து துளையின் துவாரத்தை அதிகமாக்குகின்றன. இந் நிகழ்ச்சியில் ஒவ்வொரு காப்பு செல்லின் நுனிப்பகுதி உறையின் தடிப்பு மற்றப் பகுதிகளின் தடிப்பை விடக் குறைவாக இருப்பதும் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. இதனை ஓர் உதாரணம் கொண்டும் விளக்கலாம். ஒரு பலூனை (Balloon) எடுத்துக் கொண்டு அதன் ஒரு பக்கத்தில் செல்லோ டேப்பை (Cello tape) ஒட்டிவிட வேண்டும். இப்பொழுது பலூனைக் காற்றைக் கொண்டு நிரப்பினால், விறைப்பான டேப் ஒட்டிய பலூன் உறை உள்நோக்கி வளைந்து மற்றப் பகுதிகளின் வீக்கத்தைச் சரிக்கட்டுகிறது. புற்களில் காணப்படும், உருவத்தில் சற்று வேறுபட்ட ஸ்டோமாக்களின், காப்பு செல்



படம் 28

புல்வகை ஸ்டோமா திறந்து மூடுதலை விளக்கும் படங்கள் (விளக்கம் உரையில்)

1. மெல்லிய நுனிப்பகுதி 2. மெல்லிய நுனிப்பகுதியை இணைக்கும் குழாய்கள்
3. நடுத் துவாரம் 4. தடிப்பான முதுகு உறை

களின் உறையமைப்பு முழுதும் வேறுபட்டது. ஒவ்வொரு காப்பு செல்லும் இரண்டு மெல்லிய உறை கொண்ட நுனிப்பகுதியையும்

ஒரு குறுகலான குழாய் போன்ற நடுப் பகுதியையும் (மிகவும் தடிப்பான உறை கொண்டது) பெற்றிருக்கின்றன. இந்த நடுப் பகுதிதான் ஸ்டோமாதுளையைச் சூழ்ந்துள்ளது. நடுப்பகுதியின் தடித்த உறைகள் வளைவதற்கு ஏதுவாக இல்லாததால், ஸ்டோமா திறக்கும்பொழுது, இரண்டு இணையான பக்கங்களை உடைய ஒரு துவாரம் ஏற்படுகிறது. நுனிப்பகுதி உறைகள் சிலசமயம் முழுதும் உண்டாகாமல் இரண்டு காப்பு செல்களின் சைட்டோ பிளாஸத்திற்கும் தொடர்பு ஏற்படுத்துகின்றன. இத்தகைய ஸ்டோமாவிலும் விறைப்பு அழுத்த வேறுபாட்டின் காரணமாகத்தான் துளைகளின் அளவு கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இரண்டு வகையான ஸ்டோமாக்களிலும், காப்பு செல்களின் உறையின் வெவ்வேறு தடிப்புத் தன்மையும், அவற்றில் செல்லுலோஸ் மூலக்கூறுகள் அமைந்துள்ள திசையும், சூழ்ந்துள்ள செல்களின் உறையில் செல்லுலோஸ் மூலக் கூறுகள் அமைந்துள்ள திசையும் (படம் 23) துளையின் அளவு கட்டுப்படுத்துதல் நிகழ்ச்சியில் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன.

காப்பு செல்களிலும், சூழ்ந்துள்ள துணை செல்களிலும் ஏற்படும் விறைப்பு அழுத்த வேறுபாட்டால் தான் துளையின் அளவு கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. என்பதற்கு ஹீத் (Heath) என்பவர் ஸைக்ளமென் (Cyclamen), போன்ற தாவரங்களில் செய்த ஆராய்ச்சிகள் சான்றுகளாக இருக்கின்றன. ஒரு காப்பு செல் மைக்ரோ-ஊசியால் (Micro-needle) துளை செய்யப்பட்டு அதனுடைய சாறு வெளியேற அனுமதித்தால், அந்த செல் சுருங்கி (clolapse) அப் பக்கத்தில் துளை மூடப்படுகிறது. ஆனால், ஒரு துணை செல் இதே போன்று துளை செய்யப்பட்டால், அதன் பக்கத்தில் உள்ள துணை செல் வீங்கி, அப்பக்கத்துத் துளை பெரிதாகிறது.

(iii) காப்பு செல்களின் இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் அம்சங்கள் (Factors Controlling Guard cell movements): வெளி, உள் அம்சங்களுக்கு ஏற்ப ஸ்டோமாக்கள் செயல்படுகின்றன. இதில் முக்கியமான பிரச்சினை என்னவென்றால் இந்த அம்சங்கள் எவ்வாறு காப்பு செல்களின் விறைப்பைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பது தான். பல அம்சங்கள் இதில் கலந்திருப்பதால், ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட செயல்முறைகள் (Mechanisms) இதில் இருக்கலாம் என்று நம்ப வேண்டியிருக்கிறது. காப்பு செல்களின் இயக்கத்தைப் பற்றிய பல பிரச்சினைகள் இன்னும் தீர்க்கப்படாமல் இருக்கின்றன.

பல தாவரங்களில் ஸ்டோமா திறத்தல்-மூடலில் ஒளி-இருள் நிலைகள் பெரும்பங்கு வகிப்பதாகத் (diurnal periodicity) தெரிய

வருகிறது. பகலில் சாதாரணமாக ஸ்டோமாக்கள் திறந்தும் இரவில் மூடியும் காணப்படுகின்றன.[1] இதற்குக் காரணம் காப்பு செல்களில் உள்ள கார்போ ஹைட்ரேட்களின் அளவும், தன்மையும், வகையும் ஆகும். ஸ்டோமாக்கள் திறந்திருக்கும் பொழுது காப்பு செல்களில் காணப்படும் கார்போஹைட்ரேட் பொதுவாக சர்க்கரையாகவும், மூடியிருக்கும்பொழுது ஸ்டார்ச்சாகவும் இருக்கும். எனினும் மொத்த கார்போஹைட்ரேட்டின் அளவில் எந்த மாற்றமும் ஏற்படுவதில்லை.

இந்த பகலிரவு மாற்றநிகழ்ச்சிகள், ஸ்டோமாக்களின் மேல் மற்ற அம்சங்கள் எவ்வாறு செயல்ப்படுகின்றன என்பதைப் பரிசோதிக்கும்பொழுது சிக்கல்களை உண்டாக்குகின்றன. சில சமயம் சோதனைகளின்போது ஏற்படும் மாற்றங்கள் சோதனை அம்சத்தால் (Experimental factor) உண்டானவையா, அல்லது பகலிரவு மாற்றத்தினால் (Diurnal rhythym) ஏற்பட்டவையா அல்லது இரண்டின் கூட்டு விளைவா என்று கண்டுபிடிக்க முடியாமல் இருக்கின்றன.

(அ) ஒளி, கார்பன்டை ஆக்ஸைடுகளின் விளைவுகள் (The effects of light and coz)

ஒளியின் அளவுக்கு ஏற்ப ஸ்டோமாக்கள் செயல்படுகின்றன; ஒளி இருக்கும்போது பொதுவாகத் திறந்தும், ஒளி இல்லாத போது பொதுவாக மூடியும் இருக்கின்றன. இந்த விளைவுகள் பெரும்பாலும் உடனே நடைபெறும் ஒளியும், கார்பன்டை ஆக்ஸைடும் ஒன்று சேர்ந்து செயல்படுகின்றன என்றும் ஒன்றின் செயல் இன்னொன்றைப் பொறுத்தது என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது. எனவேதான் இரண்டும் ஒன்றாக இங்கு விளக்கப்பட்டுள்ளன.

இங்கு ஸ்டோமாக்கள் திறத்தல் மூடுதல் பற்றிக் கூறப் பட்டுள்ள கோட்பாடுகளைப் பற்றிச் சுருக்கமாகப் பார்த்தல் அவசியமாகிறது. ஏனெனில் பெரும்பாலான கோட்பாடுகளில் இரண்டு அம்சங்களும் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன:

(i) ஒளி இருக்கும்போது, ஒளிச்சேர்க்கை இலையின் உள்ளே கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் அளவைப் பெரிதும் குறைக்கிறது; இதன் விளைவாக எல்லா செல்களிலும் (காப்பு செல்களையும் சேர்த்து) உள்ள பொருள்களின் அமிலத்தன்மை குறைகிறது.

[1] இதற்கு விதிவிலக்குகள் பல இருக்கின்றன. முக்கியமாகச் சதைப்பற்றுக் கொண்ட தாவரங்களான (Sucurlents) காக்டேசி (Cactaceae), கிராஸிலேஸி (Crassulaceas) போன்றவற்றின் அங்கங்களில் (members) ஸ்டோமாக்கள் இரவில் திறந்தும் பகலில் மூடியும் காணப்படுகின்றன. ஹைட்ராஞ்ஜியா (Hydrangea) போன்ற தாவரங்களும் இதற்கு விதிவிலக்கு.

(ii) காப்பு செல்களின் சைட்டோ பிளாஸத்தில் உள்ள ஸ்டார்ச்சு, குளுக்கோஸ் மோனோ பாஸ்பேட்டுடன் சமநிலையில் உள்ளது. ஒன்றை மற்றொன்றாக மாற்றுவதில் நொதிகளிலும், pH-ம் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. உதாரணமாக ஸ்டார்ச்சை குளுக்கோஸ் மோனோ பாஸ்பேட்டாக மாற்றுவதில் ஸ்டார்ச்சு பாஸ்பாரிலேஸ் என்ற நொதி என்றும் அதன் செயல் pH-ஐ பொறுத்தது என்றும் தெரியவருகிறது. pH-ல் ஏற்றம் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு மறைவதால் ஏற்படும் பொழுது கீழ்க்கண்ட நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது.

$$\text{ஸ்டார்ச்சு} + H_3Po_4 \rightleftharpoons \text{குளுக்கோஸ் மோனோ பாஸ்பேட்}$$

(iii) பாஸ்போரிக் அமிலம் இந் நிகழ்ச்சியில் பயன்படுத்தப் படுவதால், OP யில் எந்தவித மாற்றமும், குளுக்கோஸ் பாஸ்பேட்டிலிருந்து குளுக்கோஸ் உண்டாகும் வரை ஏற்படுவ தில்லை. (இந்நிகழ்ச்சியில் மீண்டும் பாஸ்போரிக் அமிலம் கிடைக்கப் படுகிறது). இது நடக்கும் பொழுது காப்புசெல் காற்றின் DPD அதிகமாகி, அதன் விளைவாக விறைப்பு அதிகமாகி, மற்ற செல்களிலிருந்து நீர் காப்புசெல்களை அடைகிறது; விளைவு ஸ்டோமா துளை திறக்கப்படுகிறது.

(iv) ஒளி இல்லாதபோது, மேற்கூறிய நிகழ்ச்சிகள் பின் திசையில் நடைபெறுகின்றன. Co_2 அதிகமாக்கப்படுகிறது, pH குறைகிறது, ஸ்டார்ச்சு மீண்டும் உண்டாகிறது; காப்புசெல் களிலிருந்து நீர் மீண்டும் வெளியேற்றப்படுகிறது; துளை மூடப் படுகிறது.

மேற்கூறிய கொள்கைக்குக் கீழ்கண்ட ஆதாரங்கள் இருக்கின்றன:

(i) காப்புசெல்களின் கார்போஹைட்ரேட்கள் இரவு பகலுக்கு ஏற்ப மாற்றமடைகின்றன; இது ஒளியின் காரணமாக இருக்கலாம். சாதாரண பகல் நேரத்தில், ஸ்டோமாதுளை திறத்தல் சர்க்கரையின் அளவால் அதிகமாதலாலும், OP, pH ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருப்பதும், குறைந்த அளவு ஸ்டார்ச் சுடன் தொடர்பு கொண்டிருப்பதும், துளை மூடியிருத்தல் மேற் கூறிய நிகழ்ச்சிகளுக்கு முற்றிலும் மாறுதலாக இருப்பதும் சாதாரணமாகத் தென்படும் நிகழ்ச்சிகளாகும்.

(ii) ஸ்டார்ச்சு பாஸ்பாரிலேஸ் நொதி காப்புசெல்களில் காணப்படுதல் அவரை, புகையிலை, போன்ற தாவரங்களில் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது.

(iii) pH ஐ அதிகமாக்கும் எந்த நிகழ்ச்சியும், பொருளும் இரவில்கூட ஸ்டோமா துளைகளைத் திறத்தலை ஏற்படுத்துகின்றன

அசிடிக் அமிலமும், அம்மோனியாவும் கொண்டு செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் மேற்கூறிய கருத்தை வலியுறுத்துகின்றன.

(iv) வெளியிலிருந்து கிடைக்கும் Co_2-ன் அளவு கட்டுப் படுத்தப்பட்டால் ஸ்டார்ச்சு மறைதலும், துளை திறத்தலும் நடைபெறுகிறது. Co_2 அளவில் ஒரு சிறிது மாற்றம் இருந்தாலும் ஸ்டோமா அதற்குத்தக்க மாற்றங்களைக் காட்டுகிறது.

காப்பு செல்களின் pH நிர்ணயம் செய்யக்கூடிய கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் அளவை, இலையின் எல்லா செல்களும் ஒளிச் சேர்க்கைக்காக எடுத்துக்கொள்ளும் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு அளவிற்கும், அவை சுவாசித்தலின் மூலம் வெளிவிடும் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு அளவிற்கும் உள்ள வித்தியாசம் தன் நிர்ணயம் செய்கிறது. மீஸோஃபில் செல்களின் ஒளிச்சேர்க்கை அளவு காப்பு செல்களின் ஒளிச்சேர்க்கை அளவைவிட அதிகமாக இருப்பதால், காப்பு செல்களில், சாதாரண ஒளி அளவில், ஒளிச் சேர்க்கை, சுவாசித்தல் தொடர்பு கிட்டத்தட்ட ஒன்றாகும் (closer to unity). இதுவே மீஸோஃபில் செல்லில் *10:1* ஆகும். காப்பு செல்களில் இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளுக்கும் இடையே மெல்லிய தொடர்பு இருப்பதால் (delicate balance), இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் காப்பு செல்களைப் பெரிதும் பாதிக்கின்றன. இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளிலும் Co_2 ம், ஒளியும்தான் பெரும்பங்கு வகிப்பதால், காப்பு செல்களின் செயல்களை இந்த இரண்டு அம்சங்கள்தான் பெரிதும் கட்டுப் படுத்துகின்றன என்று கூறலாம்.

காப்பு செல்களின் இயக்கத்தை கார்பன் டை ஆக்ஸைடும் ஒளியும் ஸ்டார்ச்சு பாஸ்பாரிலேஸ் என்ஸைமில் ஏற்படுத்தும் மாற்றங்களால்தான் கட்டுப்படுத்துகின்றன என்று திட்டவட்ட மாகவும் கூறமுடியாது (மேலே கூறியபடி). ஏனெனில் ஒரு சில தாவரங்களின் காப்பு செல்களில் (உதாரணம்: வெங்காயம்) ஸ்டார்ச்சு கிடையாது; இத்தாவரங்களின் காப்பு செல்களும் ஒளி, கார்பன் டை ஆக்ஸைடு அளவிற்கு ஏற்ப மாறுதலை உண்டாக்குகின்றன. இங்கு ஸ்டார்ச்சு அல்லாத ஏதோ ஒரு பாலிஸாக்கரைடு காணப்படவேண்டும் என்று ஊகிக்கப்படுகிறது. உதாரணமாக வெங்காயத்தில் பிரக்டோஸான்கள் (Fructosans) நிறையக் காணப்படுகின்றன. எனினும் இந்த ஊகத்திற்கு நேரடியான ஆதாரங்கள் கிடையாது.

சமீப காலத்து சோதனைகளின் விளைவாக நேரடியான ஒளியினால் ஸ்டோமாவில் ஏற்படும் விளைவுகள் கார்பன் டை ஆக்ஸைடோடு எந்தவிதத் தொடர்பையும் கொண்டிருக்கவில்லை

என்று தெரியவருகிறது. அதே போன்று ஒரு சில சோதனைகளின் மூலம் கார்பன் ஆக்ஸைடினால் ஏற்படும் விளைவுகள் ஒளியோடு தொடர்பு கொண்டிருப்பதில்லை என்பதையும் காட்டுகின்றன. உதாரணமாக, நடுப்பகலில் (ஒளி அதிகமாக இருக்கும் பொழுது) சில தாவரங்களின் ஸ்டோமாக்கள் மூடுவது Co_2 அளவில் ஏற்படும் மாற்றங்களால்தான் என்று ஒரு சிலர் கருதுகின்றனர். எனவே ஒளி ஸ்டார்ச்சு ⇌ சர்க்கரைத் தொடர்பைப் பாதிக்காமலே வேறு விதத்தில் ஸ்டோமாவின் செயல்களை பாதிக்கின்றது என்று தெரியவருகிறது.

மேலும், காப்பு செல்களில் pH அளவைப்பாதிக்கின்ற அம்சங்கள் பற்றிச் சற்றுக் கவனமாக இருக்கவேண்டும். காப்பு செல்களின் ஸைட்டோபிளாஸத்தில் ஸ்டார்ச்சு இருப்பதால் அங்குதான் அது தன்னுடைய தன்மையை மாற்றிக் கொள்கிறது (அதாவது சர்க்கரையாக மாறுகிறது). இதன் விளைவாக ஏற்படும் pH மாற்றங்களும் ஸைட்டோ பிளாஸத்தில்தான் நடைபெறவேண்டும். ஆனல், ஸ்டோமாக்கள் மூடும்பொழுதும் திறக்கும் பொழுதும் ஏற்படும் pH மாற்றங்கள் காப்பு செல்களின் வாக்வோல்களில்தான் ஏற்படுகின்றன. ஒரே செல்லின் இரண்டு பகுதிகளில் நடப்பதாகக் கூறப்படும் pH மாற்றங்கள் இரண்டும் ஒன்றுகக் கருதக்கூடிய ஒன்று என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. மேலும், காப்பு செல்களில் ஏற்படும் PH மாற்றம் அவற்றின் ஸைட்டோ பிளாஸத்தில் Co_2 கரைவதனுல் உண்டாகின்ற ஒன்று என்றும் நாம் நிச்சயமாகக் கொள்ளமுடியாது. Co_2 ஒளிச் சேர்க்கை இல்லாமலேயே நேரடியாக அங்கக அமிலமாக மாற்றப் படலாம் (உதாரணமாக மேலிக் அமிலமாக என்பதற்குச் சான்றுகள் இருக்கின்றன. இந்த அங்கக அமிலங்கள் செல்லின் pH குறைப்பதில் மேலே கூறியதைவிடத் திறமையானவையாகும். எனவே, மேலும் நல்ல சான்றுகள் வரும்வரை ஸ்டார்ச்சு ⇌ சர்க்கரை மாற்றக் கொள்கையைச் சற்று எச்சரிக்கையுடன்தான் ஒத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

(ஆ) நீர்ப் பற்ருக்குறையின் விளைவுகள் (The effects of water deficits)

எப்பொழுதெல்லாம் நீராவிப் போக்கின் அளவு நீர் உறிஞ்சுதலின் அளவை மிஞ்சுகின்றனவோ அப்பொழுது திசுக்களில் நீர்ப் பற்ருகுறையை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒரு சிறிது பற்ருக்குறை அடிக்கடி பெரும்பாலான தாவரங்களில் ஏற்படுகின்றன; முக்கியமாகக் குறைவான மழை இருக்கும் பொழுது, இந்தப் பற்ருக் குறை நீராவிப் போக்கு நடைபெருத இரவு வேளையில் நீர்

உறிஞ்சப்படுவதால் அப்பொழுதுக்கப் பொழுது நீக்கப்படு கிறது. தொடர்ந்து நீராவிப்போக்கு உறிஞ்சுதலை மிஞ்சினுல், குறிப்பிடத்தக்க பற்ருக்குறை ஏற்படுகிறது.

இப்பற்ருக்குறையின் விளைவாக ஸ்டோமாக்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் சிக்கலானவை மட்டுமல்லாமல், ஒரே சீராக இருக்காது. எனவே, பொதுவாக இதைப் பற்றி எதையும் திட்டவட்டமாகக் கூற முடிமாது. நிலையான வாடுதல் ஏற்படும் பொழுது ஸ்டோமாக்கள் மூடிவிடுகின்றன. ஸ்டோமாவில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் இந்தப் பற்ருக்குறை எவ்வளவு வேகமாக ஏற்படுகிறது என்பதைப் பொறுத்தவை. இது மிகவும் வேகமாக ஏற்பட்டால், முதலில் துளை சற்றுப் பெரிதாகிறது. இதற்குக் காரணம் துணைசெல்கள் காப்புசெல்களைவிடச் சீக்கிரத்தில் விறைப்பினை இழத்தல்தான். தொடர்ச்சியான பற்ருக்குறை ஏற்பட்டால், துளை மெதுவாக மூடிக்கொண்டுவரும். மீண்டும் நீர் கொடுத்தால் தொடர்ச்சியாகத் திறந்து கொள்ளும்.

நீர்ப்பற்ருகுறையினுல் ஸ்டோமாக்களில் ஏற்படும் விளைவுகள் ஓரளவுக்கு இலையில் ஏற்படும் Co_2 அடர்த்தியில் ஏற்படும் மாற்றங் களால் இருக்கலாம். பற்ருக்குறை ஏற்படும் பொழுது, காப்பு செல்களில் சர்க்கரை மிகவேகமாக ஸ்டார்ச்சாக மாற்றப் பட்டு, விறைப்பை அவை இழக்கின்றன; இந்த மாற்றம் Co_2 அதிகரிப்பால் ஏற்பட்ட ஒன்ருகும். இந்த Co_2 அதிகரிப்பு அதிகச் சுவாசித்தலாலோ அல்லது குறைவான ஒளிச்சேர்க்கை யாலோ அல்லது இரண்டு வகையிலுமோ ஏற்படலாம். எப்படி இந்த நிகழ்ச்சிகள் எல்லாம் நீர்ப் பற்ருக்குறையால் ஏற்படு கின்றன என்று தெளிவாகத் தெரியவில்லை.

ஸ்டோமாவை மூடுவதற்குத் தேவையான அளவு நீர்ப் பற்ருக்குறை வேறுபடுகிறது. ஒரு சில தாவரங்களில் மிகக் குறைந்த பற்ருக்குறையே மாற்றங்களை ஊக்குவிக்கப் போது மானது. ஒருசில தாவரங்கள் மிக அதிகமாக வாடியிருந்தாலும் அவற்றில் ஸ்டோமாக்கள் திறந்திருப்பதைக் காணலாம்.

நீர் அளவிற்கு ஏற்ப ஸ்டோமாக்கள் மூடுவதும், திறப்பதும் சூழ்நிலையியலில் முக்கியமானதாகும். ஏனெனில் பெரும்பாலான வறட்சி நிலத்தாவரங்களில் நீர்ப்பற்ருக்குறை அடிக்கடியோ அல்லது தொடர்ந்தோ ஏற்படுகின்ற ஒன்ருே என்பது யாவரும் அறிந்ததே.

(இ) வெப்பநிலை மாற்றங்களால் ஏற்படும் விளைவுகள் (The effect of temperatnre changes)

பெரும்பாலான சூழ்நிலைகளில், 30°C வரை ஏற்றப்படும் காற்று வெப்பநிலை ஸ்டோமா துளைகளின் அளவினைக் கூட்டு

கின்றன (அட்டவணை 5) உறை நிலைக்குக் (freezing point) கீழே, ஸ்டோமாக்கள் அரிதாகத்தான் திறந்திருக்கின்றன; இது ஆதரவான ஒளிஅளவு இருந்தால்கூட, லாப்ட்பீல்ட் (Loftfield 1908) கூற்றுப்படி 0°C முதல் 30°C வரை, ஸ்டோமாதுளை திறப்பதற்கான நேரம் ஒவ்வொரு 10°C அளவு வெப்பநிலை ஏற்றத்திற்கும் பாதியாக்கப்படுகிறது. உதாரணமாக 10°C-ல் 4 மணி நேரத்தில் துளைகள் திறந்தன; ஆனால் 30°C-ல் 1 மணி நேரத்திலேயே அவை திறக்கின்றன. வெப்பநிலையில் ஏற்படும் மாற்றங்களால் ஏற்படும் விளைவுகள் அவை ஸ்டார்ச்சு பாஸ்பாரிலேஸைப் பாதிப்பதால்தான் என்று கூறப்படுகிறது, 35°C-க்கு மேலே போனால் புரோட்டோபிளாஸம் பாதிக்கப்பட்டு, துளைகள் மூடப்படுகின்றன.

வெங்காயம், காப்பி போன்ற தாவரங்களில் இன்னொருவித வெப்பநிலை மாற்ற விளைவு மேற்கூறியவற்றோடு காணப்படுகிறது. இவற்றில், நடுப்பகலில் ஒரு சிறிது நேரம் ஸ்டோமாக்கள் மூடிக் காணப்படுகின்றன. இந்தத் தாவரங்களில் வெப்பநிலை ஏறும் பொழுது சுவாசித்தல் ஒளிச்சேர்க்கையை விட அதிகமாக்கப்பட்டு அதிக அளவு Co_2 உண்டாக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஸ்டோமா துளை மூடுகிறது.

அட்டவணை-5

புகையிலை இலைத்தட்டுகளில் இரவுநேர வெப்பநிலை ஸ்டோமாதுளையின் திறத்தலைப் பாதித்தல் (after Zelitch 1963)

	ஸ்டோமாவின் துளை அகலம் μ ல்	
	16°	27°
5 இரவுகள் வைக்கப்பட்ட தாவரங்கள்		
1	5·9	10·7
2	5·9	10·9
3	6·4	8·6
4	5·3	5·9
7 இரவுகள் வைக்கப்பட்ட தாவரங்கள்		
1	5·9	9·0
2	5·5	10·0
3	5·9	6·9
4	5·8	7·3

(ஈ) வானிலையில் ஈரப்பதம் (Atmospheric humidity)

வானிலையில் ஈரப்பதம் ஸ்டோமாவில் குறிப்பிடத் தக்க மாற்றங்களை ஏற்படுத்துவதில்லை. எனினும் 50 சதவிகித ஈரப்பதத்தில் துவாரம் ஓரளவு மூடப்படுவதாக வில்சன் (1948) கண்டுபிடித்துள்ளார்.

(உ) வேதியியல் தடையூக்கிகளால் ஏற்படும் விளைவுகள் (Effects due to Chemical inhibitors)

பல வேதியியல் தடையூக்கிகள் ஸ்டோமா திறத்தலை தடுப்பதாகத் தெரியவருகிறது. இத்தகைய பொருள்களில் சிலவற்றையும், அவை எந்த அளவுக்கு ஸ்டோமா துளை திறப்பதைத் தடுக்கின்றன என்பதையும் அட்டவணை 6-ல் காணலாம்.

அட்டவணை-6

ஒரு சில தடையூக்கிகள் ஸ்டோமா திறத்தலை எந்த அளவுக்குத் தடை செய்கிறது என்பதைக் காட்டும் அட்டவணை (after Zelitch 1963)

தடையூக்கி	50% துளை மூடுதலை பாதிக்கும் அடர்த்தி அளவு $\mu \times 10^{-5}$
1. ஃபினைல் மெர்கூரிக் அசிடேட் (Phenyl mercuric acetate)	5
2. ''அடரஜைன்'' (''Atrazine'')	10
3. கார்போனில் சயனைடு m-குளோரோ ஃபினைல் ஹைட்ரஜோன் (Carbonyl Cyanide m-Chlorophenyl hydrazone)	10
4. சோடியம் அஜைட் (pH 4.5) (Na Azide)	20
5. சோடியம் α —ஹைட்ராக்ஸிடிகேன் சல்ஃபோனேட் (Na α —hydroxydecane Sulphonate)	80
6. சோடியம் 1-நாப்தலின் அசிடேட் (Na 1-Naphthalene acetate).	100
7. 8- ஹைட்ராக்ஸி குவிநோலைன் சல்பேட் (8- hydroxyquinoline Sulphate)	100
8. குளோரோஜீனிக் அமிலம் (Chlorogenic-acid)	100
9. பொட்டாசியம் அயடோ அசிடேட் (K Iodoacetate)	100
10. சோடியம் 2·4—டைகுளோரோ பீனுக்ஸி அசிடேட் (Sodium 2, 4—DichloroPhenoxyacetate)	200

இந்தத் தடையூக்கிகளில் மிகவும் வீரியம் வாய்ந்தது ஃபினைல் மெர்கூரிக் அசிடேட்டாகும். ஜெலிட்ஸ் (Zelitch 1963) கூற்றுப்படி இது காப்பு செல்களின் உறைகளில் அல்லது உறைகளுக்கு அருகாமையில் ஸல்ஃபைட்ரில் தொகுதிகளுடன் (Sulphydri groups) கிரியை புரிந்து செல் உறையின் செலுத்துதிறனை பாதித்து காப்புசெல்கள் விறைப்புத் தன்மை பெறுமல் தடுக்கிறது. ஒவ்வொரு பொருளும் ஏதோ ஒரு விதத்தில் (விளக்கங்கள் இங்குக் கொடுக்கப்படவில்லை) காப்புசெல்களின் செயல்களைப் பாதிக்கின்றன (விவரம் ஜெலிட்ஸ் 1963).

(d) ஸ்டோமா துளையின் அளவை நிர்ணயம் செய்யும் முறைகள்
(Methods of Studying the degree of opening of the stoma)

ஸ்டோமா துளையின் அளவை நிர்ணயம் செய்யும் பல பயனுள்ள முறைகள் இப்பொழுது இருக்கின்றன; இங்கு அவற்றைப்பற்றிச் சற்றுச் சுருக்கமாகத்தான் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. ஸ்டோமா. சூழ்நிலையில் ஏற்படும் மிகச்சிறிய மாற்றத்தினாலும் பாதிக்கப்படுவதால், துளையின் அளவை நிர்ணயம் செய்யும் சோதனைகள்கூட அதனை ஓரளவுக்குப் பாதிக் கின்றன; இதனால் இச்சோதனைகள் மூலம் கிடைக்கும் முடிவுகளைச் சற்று எச்சரிக்கையுடன்தான் ஒத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

(i) மைக்ரோஸ்கோப் மூலம் ஆய்தல் : ஒவ்வொரு ஸ்டோமா வின் துளையின் அளவையும் மைக்ராமீட்டர் (micrameter) மூலம் நேரடியாக அளக்கலாம். இம்முறை தூவிகளற்ற புறத்தோல் கொண்ட இலைகளுக்கு ஒத்து வந்தாலும், தூவி கொண்ட இலை களுக்கு ஒத்துவராது. அளவில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் கூடு மானவரை குறைப்பதற்காக, புறத்தோல் படலத்தை (epidermal layer) இலையிலிருந்து பிரித்தவுடனேயே 100% ஆல்கஹாலில் போட்டு, பிறகு ஆராயவேண்டும். மேற்கூறிய முறையைத்தான் லாயிட் (Lloyd) முதன்முதலில் உபயோகித்துத் துளையின் அளவைக் கணக்கிட்டார். எனினும் புறத்தோலை இலையிலிருந்து பிரிக்கும் பொழுது எப்படியும் துளையின் அளவில் நிச்சயம் மாற்றமேற் படும். இம்முறையில் உள்ள முக்கிய குறை, பல ஸ்டோமாக்களை அளக்கவேண்டும் என்பதுதான்; மிகுந்த நேரம் இதற்குச் செலவிடப்படுகிறது.

எந்தெந்தத் தாவரங்களில் புறத்தோலைப் பிரிக்க முடியாதோ, அங்கு இலையின் பரப்பை முதலில் ஒரு சிறிது அசிடோனால் ஈரமாக்க வேண்டும்; பிறகு ஒரு மெல்லிய படலமாக செல்லு லோஸ் அசிடேட்டை அதன்மேல் வைத்தால், தோலின் அமைப்பு

இப் படலத்தின்மேல் விழுகிறது. அதில் உள்ள ஸ்டோமாக்களை அளக்கலாம்.

(ii) மோலிஷின் உள் பரவல் முறை (Molischs in filtration method): ஒரு திரவத்திற்குப், இலைக்கும் இடையில் ஏற்படும் இடைப் பரப்பில் (interface) எவ்வளவு குறைவாகப் பரப்பு விசை (Surface tension) இருக்கிறதோ, அவ்வளவு சிறிதாகத் திரவம் நுழையும் துவாரம் இருக்கிறது. இந்தக் கூற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டு இம்முறை பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

பரப்பு விசையில் தொடர்ச்சியான வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ள, ஒரு தொடர்ச்சியான திரவ வரிசை தயாரிக்கப்பட வேண்டும். ஒவ்வொரு திரவத்திலும் ஒரு துளி எடுத்து இலையைச் சோதனை செய்யவேண்டும். அது எளிதாக இலையினுள் கடத்தப் படுதலைச் சாதாரணக் கண்கொண்டே பார்க்கலாம். ஏனெனில் இலையின் செல் இடைவெளிகளில் இத் திரவம் நிரப்பப்படுவதால், துளி வைத்த இலைப்பகுதி மிக அடர்த்தியான பச்சை நிறம் தோன்றுகிறது. n—டோடிகேன் (n-dodecane) பாரஃபின் எண்ணெய்ச் சேர்க்கையும், பியூட்டனால் (butanol) கிளிஸரின் (Glycerine) சேர்க்கையும் இச் சோதனைக்கு மிகவும் பொருத்தமான திரவங்களாகும். கலப்பற்ற டோடிகேன் அல்லது பியூட்டனால் ஒரு சிறிது திறந்த துவாரங்களைத்தான் கடக்கும். கலப்பற்ற பாரஃபின் எண்ணெயும், கிளிஸரினும் மிக அகலமான துவாரங்களைத்தான் கடக்கும். இரண்டு வகையான திரவங்களையும் வெவ்வேறு விகிதத்தில் கலந்து உண்டாக்கப்பட்ட சேர்க்கைகள், வெவ்வேறு அகலமுள்ள துவாரங்களைக் கடக்கின்றன. இதிலிருந்து துளையின் அளவை ஓரளவுக்குச் சரியாக நிர்ணயம் செய்யலாம். இம்முறை மிகவும் எளிதான ஒன்றாகும். வளர்கின்ற தாவரங்களிலேயே நேரடியாக இச் சோதனைகளைச் செய்யலாம்.

(iii) ஸ்டாலின் கோபால்ட் குளோரைடு முறை (Stahl's cobalt chloride method) : உறிஞ்சு தாளின் (blotting paper) ஒரு சில துண்டுகள் 3 சதவிகித கோபால்ட் குளோரைடு கரைசலில் மூழ்கடிக்கப்பட்டு உலர்த்தப்பட வேண்டும். இத் தாள்களின் மீது நீர் பட்டால் நிறம்மாறும். உலர்ந்திருக்கும்பொழுது நீல நிறமாகவும், நீர் பட்டால் இளஞ் சிவப்பாகவும் (pink) இத் தாள் மாறும். இத் தாள்களின் பகுதிகள் தெர்மோஸ்டேட்டிலிருந்து (thermostat) மிக வேகமாக எடுக்கப்பட்டு உடனேயே இலையின் கீழ்ப் பரப்பில் கிளிப்களால் (Clips) நிலையாக வைக்கப்படுகின்றன. தாள்களின் மேல் செல்லுலாய்டு பட்டை வைத்தால்தான் வெளி ஈரப்பதம் தாளின் நிறத்தை மாற்றுவது தடுக்கப்படுகிறது; ஒரு

குறிப்பிட்ட அளவு நிறமாற்றம் ஏற்படுவதற்கு எந்த அளவு நீர் தேவை என்று முதலில் அறிந்து கொண்டு, அதே அளவு நிற மாற்றம் இலைப் பரப்பில் வைக்கப்பட்ட தாளில் ஏற்படும்போது, நீராவிப் போக்கின் அளவு தெரிய வருகிறது. இம் முறையை வைத்துக் கொண்டே துளை எந்த அளவு திறந்திருக்கிறது என்றும் கணக்கிடலாம். இம் முறையைப் பயன்படுத்துவதில் ஒருசில இடர்ப்பாடுகள் இருக்கின்றன. அவையாவன:

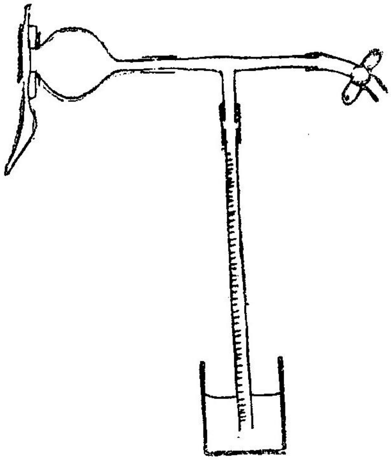
1. சோதனைத் தாள் இலையினை மறைக்கிறது; இது ஸ்டோமாவினை ஓரளவுக்குப் பாதிக்கிறது.
2. சோதனைத் தாள் இலையின் செல்களை ஓரளவுக்குக் காய வைக்கிறது (நீரை இழுப்பதின் மூலம்); மேலும் நீரினை மிக வேகமாக அது இழுக்கிறது.
3. ஓரளவுக்கு நீராவிப் போக்கையும் இது பாதிக்கிறது.
4. இம் முறையால் கூட்டிக்கிள் நீராவிப் போக்கின் விளைவால் வெளியேறும் நீரும் தாளினை நிறம் மாற்றும்.

எனினும், இம் முறையால் ஏற்படும் நன்மைகள் பின்வருமாறு:

1. சோதனையை விரைவாக நடத்தலாம்.
2. சோதனை மிகவும் எளிது.
3. ஒரே இலையில் தொடர்ந்து சோதனையை நடத்தலாம்
4. உயிருள்ள தாவரத்தில் சோதனையை நடத்தலாம்.
5. இரண்டு இலைப் பரப்புகளை இம் முறையால் எளிதில் ஒப்பிடலாம்.

(iv) துளைமானி முறைகள் (Porometer methods) : ஓர் இலையின் ஊடே காற்றினைச் செலுத்துமாறு செய்தால், அதன் ஓட்டம் (flow) ஸ்டோமா துளைகள் இருக்கும் நிலையைப் பொறுத்தது. ஓர் எளிய அமைப்பில், தாவரத்துடன் இணைந்திருக்கும் இலை ஒன்று ஒரு சிறிய கண்ணாடி அறையின் (Chamber துளைமானி கோப்பை) அகலமான விளிம்புக்கும், ஒரு கண்ணாடிப் பட்டைக்கும் (Glass-slide) இடையே வைக்கப்பட்டு ரப்பர் வளையங்களால் இணைப்படு கிறது. இலைக்கும், கோப்பையின் விளிம்புக்கும் இடையில் ஒரு ஜெலாடின் வாஷர் (Gelatin washer) வைக்கப்பட்டுக் காற்று புகா வண்ணம் ஏற்பாடு செய்ய வேண்டும். துளைமானிக் கோப்பை ஒரு செங்குத்தான குழாயுடன் இணைப்போக்குக் குழாயால் இணைக்கப்படுகிறது. இந்தச் செங்குத்துக் குழாயில் பாரஃபின் எண்ணெய் ஊற்றப்பட்டு அதன் முனையும் பாரஃபின் எண்ணெய்

கொண்ட ஒரு பீக்கரில் மூழ்கடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. மெனிஸ்கஸ் (Meniscus) இக் குழாயில் எந்த வேகத்தில் இறங்குகிறது என்பது இலையிலிருந்து காற்று எந்த வேகத்தில் இழுக்கப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. இந்த இழுக்கப்பட்ட காற்று, மறைக்கப் படாத இலைப் பகுதியில் உள்ள ஸ்டோமாக்களின் மூலம் நுழைந்த காற்றாகும். இழுத்தல் விளைவு (Suction effect) மெனிஸ்கஸ் இறங்க இறங்கக் குறைகிறது.



படம் 29
டார்வினின் போராமீட்டர்

இதிலிருந்து சற்றுச் 'சீர்திருத்தப்பட்ட போரா மீட்டரை ஹீத்தும், ரஸ்ஸலும் (Heath and Russell 1951) கண்டு பிடித்தனர். இதனை வீட்ஸ்டன் பிரிட்ஜ் போராமீட்டர் (Wheatstone bridge porometer) என்றழைத்தனர். இங்கு ஓர் அட்மாஸ்பியருக்கும் சற்று மேல் விசையுள்ள நிலையான அழுத்தக் காற்று, கோப்பையின் வழியாக அனுப்பப்படுகிறது; ஒரு மானோ மீட்டரின் உதவி கொண்டு இந்த ஓட்டத்திற்கு இலை கொடுக்கும் தடங்கல் (Resistance) அளக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஸ்டோமா துளையின் நிலை அறியப்படுகிறது.

ஒவ்வொன்றிலும், காற்றின் தன்மையைக் கட்டுப்படுத்தலாம்; ஒரே இலைப் பரப்பை நீண்ட காலத்திற்கு ஆராயமுடியும். ஒரு விதமான தடங்கல் போரா மீட்டரில் (resistant porometer) அளவுகள் தானகவே குறிப்பிடப்படுகின்றன. போராமீட்டர் கோப்பையால் ஆயிரக்கணக்கான ஸ்டோமாக்கள் சூழப்படுவதால்

அவற்றின் சராசரி அளவினைக் கண்டு பிடிக்கலாம். ஒவ்வொரு கணக்கீட்டுக்கும் பிறகு போரா மீட்டர் கோப்பையை எடுக்கும் படி இருக்கவேண்டும். ஏனெனில் அதனுள் உள்ள Co 2-ன் அடர்த்தி மாறக்கூடும். இது ஸ்டோமாவைப் பாதிக்கக் கூடும்

தன்னூடே காற்று ஓட்டம் நடைபெறுவதை இலை தடங்கல் செய்வது அதன் ஸ்டோமா துளையின் அளவை மட்டும் பொறுத்த தில்லாமல், மீசோஃபில் ஏற்படுத்தும் தடங்கல்களையும் பொறுத்தது. இம் முறையில் உள்ள குறைபாடு இதுவும் ஒன்றாகும். ஸ்டோமா துளையின் அளவு மாற்றம் காட்டும் பொழுது, மொத்தத் தடங்கல் அளவில் மீசோஃபில் காட்டும் தடங்கலின் அளவும் குறைகிறது. ஸ்டோமா துளைகள் நன்றாகத் திறந்திருக்கும் பொழுது, கோப்பைக்கு வெகு தூரத்தில் உள்ள இலைப்பகுதிகளில் மிகக் குறைவான அளவு காற்று நுழைகிறது; அருகாமையில் உள்ள பகுதிகளில் அதிகமாகக் காற்று நுழைகிறது. ஸ்டோமா துளைகள் மூடிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது, திறந் திருக்கும் போது இருப்பதைவிடக் குறைந்த அளவு காற்றுதான் நுழைகிறது.

மேற்கூறிய வங்க போரோ மீட்டர்களைத் தவிரப் பலவித மான போரோ மீட்டர்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. கிட்டத் தட்ட 10 விதமான போரோ மீட்டர்கள் பற்றி விவரமாக மெய்ட்னரும், மான்ஸ்பீல்டும் (Meidner and Mansfield 1968) தம்முடைய புத்தகத்தில் விளக்கியுள்ளனர்.

(3) நீராவிப் போக்கைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள் (Factors affecting Transpiration)

நீராவிப் போக்கை இரண்டு முக்கிய அம்சங்கள் வெகுவாகப் பாதிக்கின்றன. அவையாவன, (i) பரவு அழுத்த வேறுபாடு நீராவிப் போக்கு நடைபெறும் பரப்பிற்கும் (இலை) வளிமண்டலத் திற்கும் இடையே எவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறது (ii) இலைத் துளையின் அளவு. நாம் ஏற்கெனவே மிக விரிவாக இலைத்துளையின் அளவை நிர்ணயிக்கும் காரணிகள் பற்றிப் பார்த்தோம்.

(a) வாயு அழுத்த வேறுபாடு (Vapour pressure gradient)

ஸ்டோமாதுளை நிலையாக இருக்கும் பொழுது, நீராவிப் போக்கின் அளவு சாதாரணமாக வாயு அழுத்த வேறுபாடு எவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறது என்பதைப் பொறுத்தது. இந்த வேறுபாடு வெளிக்காற்றின் ஈரப்பதத்தையும், வேகத்தை யும் மட்டும் பொறுத்ததல்லாமல், காற்று, இலைப்பரப்பு ஆகிய வற்றின் வெப்பநிலையையும் பொறுத்தது.

(i) ஈரப்பதம் (humidity)

காற்றில் நீராவியின் பரவு அழுத்தம் இருக்கின்ற நீர் மூலக் கூறுகளின் அடர்த்தியைப் பொறுத்தது. இந்த அடர்த்தி சாதாரணமாகக் காற்றின் ஒப்பு ஈரப்பதனுக் (relative humidity) குறிக்கப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் வளி மண்டலத்தில் உள்ள நீராவியின் அளவை, அதே சூழ்நிலையில் அதே காற்று எவ்வளவு அதிகமாக நீராவியைக் கொள்ளக் கூடியதோ அந்த அளவின் விழுக்காடாகக் கூறுவதுதான் ஒப்பு ஈரப்பதனுகும். உதாரணமாக, 100 சதவிகித ஒப்பு ஈரப்பதன் பூரிதமாவதற்கு (Complete saturation) சமமானுல், இந்நிலையில் 20°C வெப்பநிலையில் நீராவியால் உண்டாக்கப்படும் அழுத்தம் 17·51 mm பாதரசமாகும். 85 சதவிகித ஒப்பு ஈரப்பதன் இருந்தால், காற்று 85 சதவிகிதம் பூரிதமாகியிருக்கிறது என்று பொருள். இந்நிலையில் நீராவியின் அழுத்தம் 14·92 mm பாதரசமாகும் (இதுவும் 20°C-ல் தான்). இதே வெப்பநிலையில் 50 சதவிகித ஒப்பு ஈரப்பதனின் வாயு அழுத்தம் 8·76 mm பாதரசம்தான்.

உதாரணமாக, மீஸோஃபில்லில் உள்ள காற்று எப்பொழுதும் பூரிதமாக இருக்கிறது என்று வைத்துக் கொண்டால் (அதாவது ஒப்பு ஈரப்பதம் எப்பொழுதும் 100 சதவிகிதம்), ஈரப்பதனில் ஏற்படும் மாற்றங்களால் விளையும் விளைவுகளை எளிதாகக் கணக்கிடலாம். 85% ஒப்பு ஈரப்பதனில், வெளிச் சூழ்நிலைக்கும் உள் சூழ்நிலைக்கும் உள்ள வாயு அழுத்த வேறுபாடு 17·51—14·92 = 2·59 mm பாதரசமாகும். 50% ஒப்பு ஈரப்பதனில் இது 17·51—8·76 = 8·75 mm பாதரசமாக இருக்கும். எனவே, எல்லா அம்சங்களும் மாருமல் இருந்தால், வெளிக் காற்று, இலை ஆகியவற்றில் வெப்பநிலை 20°C-ல் இருக்கும் பொழுது, ஒப்பு ஈரப்பதனில் ஏற்படும் குறைவு, நீராவிப் போக்கினை அதிகரிக்கும்.

(ii) காற்றின் வேகம் (Velocity of wind)

ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்புக்குள், காற்றின் வேகத்தில் உயர்வு ஏற்பட்டால் நீராவிப் போக்கின் அளவும் அதிகமாகிறது; இதற்குக் காரணம் அப்பொழுது இலையின் பரப்பில் நீராவி சேர்க்கப்படுவது குறைகிறது. மேலும், காற்று தொகுதியாக ஸ்டோமா துளையினுள் நுழைய ஏதுவாகிறது.

(iii) வெப்பநிலை (Temperature)

இலை, வெளிக்காற்று ஆகியவற்றின் வெப்பநிலை ஒரே சமயத்தில் அதிகமாகும் பொழுது நீராவிப் போக்கின் அளவும் அதிகமாகிறது. இதற்குக் காரணம் இலையின் உள்ளே வாயு

அழுத்தம் அதிகமாக்கப்படுகிறது; அதே சமயத்தில் வெளிச் சூழ்நிலையின் வாயு அழுத்தம் சிறிதளவு மாற்றத்தையோ அல்லது எந்தவித மாற்றத்தையும் அடையாமலேயோ இருக்கிறது. காற்றின் வெப்பநிலை அதிகரித்தால், அது நீராவியைத் தாங்கிக் கொள்ளும் பண்பும் அதிகரிக்கிறது. எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட ஒப்பு ஈரப்பதனில், குறைந்த வெப்பநிலையில் இருப்பதைவிட அதிக அளவுக்கு நீராவி காணப்படுகிறது. 20°C-ல் உள் வாயு அழுத்தம் ஏற்கெனவே கூறியபடி 17·51 mm பாதரசமாகும். 25°C இந்த அளவு 23·69 mm பாதரசமாக ஏறுகிறது (இதற்கு ஒப்பு ஈரப்பதன் 100 சதவிகிதத்தில் இருக்கவேண்டும்; இதனை மீஸோஃபில் செல்கள் அதிக நீராவி உண்டாக்கினால் பெறலாம்). சூழ்நிலையின் ஒப்பு ஈரப்பதன் 20°C-ல் 50 சதவிகிதமாக இருந்தால் வாயு அழுத்தம் 8·76 mm பாதரசமாகும்; ஆனால்; 25°C-ல் ஒப்பு ஈரப்பதன் மிகவும் குறைந்தாலும் இது (வாயு அழுத்தம்) மாற்றமடையாமல் இருக்கிறது. எனவே, 20°C-ல் வாயு அழுத்த வேறுபாடு 18·51—8·76 = 8·76 mm பாதரசம், 25°C-ல் இது 23·69—8·76 = 14·93 mm பாதரசமாகிறது. ஆகவே, ·0°C உயரத்துக்கு கிட்டத்தட்ட 60 சதவிகிதம் வாயு அழுத்தம் ஏறியிருக்கிறது.

(b) ஸ்டோமா துளையின் அளவில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் (changes in stomatal aperture size)

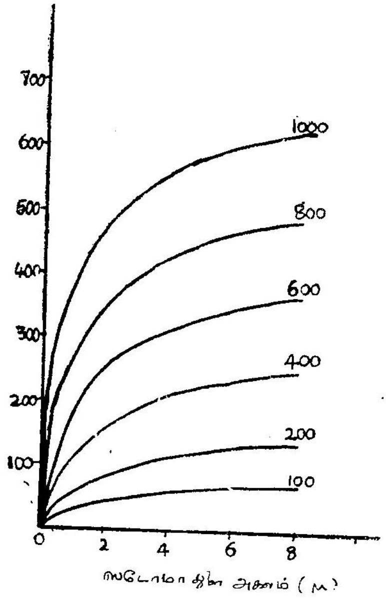
ஸ்டோமா துளைகளின் மூலம்தான் பெரும்பாலான நீராவிப் போக்கு நடைபெறுவதால் ஸ்டோமா துளையின் அளவைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள் எல்லாம் நீராவிப் போக்கின் அளவையும் பாதிக்கின்றன. ஏற்கெனவே நாம் ஸ்டோமா துளையின் அளவைப் பாதிக்கின்ற அம்சங்கள் பற்றிப் பார்த்தோம்.

மிகக் குறைவாகத் துளை இருக்கும் பொழுதுதான் ஸ்டோமாக்கள் நீராவிப் போக்கினைப் பெரிதும் கட்டுப்படுத்து கின்றன என்பது படம் 30-ல் இருந்து தெரியவருகிறது.

(c) இலைகளுக்கு நீர் கொடுத்தலால் ஏற்படும் விளைவுகள் (The effect of water supply to the leaves)

ஸ்டோமா துளைகள் மூடுவதற்கு முன்பே சில சமயம் நீராவிப் போக்கின் அளவு விழுகிறது. இது கோடைக் காலத்தில் அதிக மாக ஏற்படுகிறது. காற்றின் ஆவியாக்கும் சக்தி மாறாமல் இருக்கும் பொழுதுகூட மேற்கூறிய நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. இதற்குக் காரணம் நீர்பற்றாக்குறைதான்.

காய்ந்து கொண்டிருக்கும். இலையில், மீஸோஃபில் செல் களில் உள்ள கரைசல்களின் அடர்த்தி அதிகமாகிறது; இதன் காரணமாக வாக்வோல் காற்றின் வாயு அழுத்தம் குறைக்கப் படுகிறது. எனினும் வாயு அழுத்தக் குறைவு பல தாவரங்களில் மிகக் குறைவாக இருப்பதால், ஸ்டோமா துளை மூடுவதற்கு முன்பே ஏற்படும் நீராவிப்போக்குக் குறைவுக்குக் காரணமாக இது இருக்கும் என்று தெரியவில்லை. இலைக்குக் கிடைக்கும் நீரின் அளவைப் பாதிக்கும் எந்த அம்சமும், மறைமுகமாக மேற்கூறிய முறையில் நீராவிப் போக்கினைக் குறைக்கலாம்.



படம் 30

ஸ்டோமா துளையின் அளவுக்கேற்ப நீராவிப் போக்கின் அளவும் வேறு படுதலைக் காட்டும் படம்

(4) நீராவிப் போக்கின் அளவை அளத்தல் (The measurement of Transpiration)

முழுதும் இயற்கையான சூழ்நிலையில் பிழையற்ற முறையில் நீராவிப் போக்கின் அளவினை அளத்தல் என்பது முடியாத காரியம். ஏனெனில் இதற்குப் பயன்படுத்தும் சோதனை முறைகள் நீராவிப் போக்கின் சூழ்நிலையை ஓரளவுக்காவது மாற்றி விடுகின்றன. பெரும்பாலும் ஒரு முறையில் தாவரத்திலிருந்து

கொப்போ (fuig) அல்லது தனி இலையோ தனியாகப் பிரிக்கப் பட்டு அதில் சோதனை நடத்தப்படுகிறது. இதன்மூலம் அவற்றிற்குக் கிடைக்கும் நீரின் அளவை நாம் கட்டுப் படுத்துகிறோம் என்பதை மறத்தல்கூடாது. எங்கெங்கு முழுத் தாவரங்களை உபயோகிக்கிறோமோ அங்கும், தாவரங்கள் சிறு தொட்டிகளிலோ அல்லது நீர்த்தளத்திலோ (water culture) வளர்க்கப்படுகின்றன; இவற்றிலும் அத்தாவர வேர்கள் இயற்கைச் சூழ்நிலையை அனுபவிப்பதில்லை.

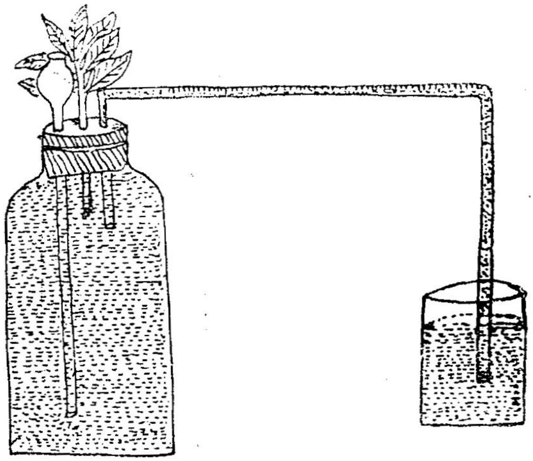
(a) எடையெடுத்தல் முறைகள் (Gravitational methods) ஒரு தொட்டித் தாவரம் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் எவ்வளவு எடையை இழக்கிறது என்பதை வைத்து நீராவிப் போக்கின் அளவை நிர்ணயம் செய்கிறார்கள். சோதனைக்கு முன் முழுத் தொட்டியும் எடை போடப்படுகிறது. சோதனைக்குப் பின்னும் எடை போடப்படுகிறது. இரண்டிற்கும் உள்ள வேறுபாடு நீராவிப் போக்கின் அளவைக் குறிக்கும். தொட்டியிலிருந்து நேரடியாக ஆவியாதலைத் தடுப்பதற்காக அதனுடைய வாயை ரப்பர் படலத்தாலோ வேறுகாற்றுப் புகாப் பொருளாலோ மூடவேண்டும். இம்முறையில் வளர்சிதை மாற்றத்தால் ஏற்படும் எடை மாற்றங்கள் மறந்துவிடப் பட்டிருக்கின்றன. பெரிய தாவரங்களுக்கு இம்முறை பயன்படாது.

(b) கோபால்ட் குளோரைடு முறை (cobalt chloride method): இம்முறைப்பற்றி ஏற்கெனவே விளக்கம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது). இம்முறைப்படி உயிருள்ள தாவரத்திலேயே நீராவிப் போக்கின் அளவை நிர்ணயம் செய்பலாம். மேலும், ஒரே இலையில் வெவ்வேறு காலங்களில் ஏற்படும் நீராவிப் போக்கின் அளவினையும் நிர்ணயம் செய்யலாம். ஏற்கெனவே இம்முறையின் நன்மைகளும் தீமைகளும் பற்றிக் கூறப்பட்டுள்ளன.

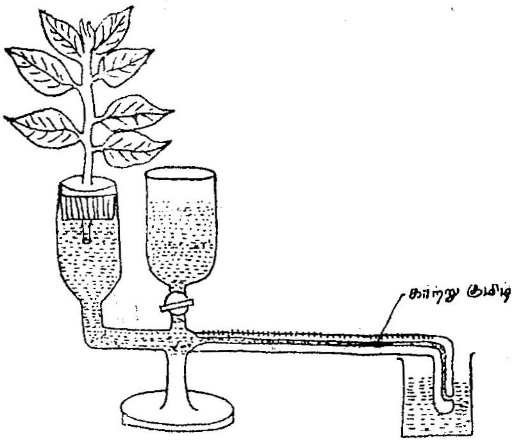
(c) போட்டா மீட்டர் முறைகள் (Potometer methods) : இம்முறையில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள முக்கியக் கொள்கை என்ன வென்றால், நீராவிப் போக்கினால் வெளியேறும் நீரின் அளவும்' வேரினால் உறிஞ்சப்படும் நீரின் அளவும் கிட்டத்தட்ட சமம் என்பதே. பலவகையான போட்டா மீட்டர்கள் உள்ளன உள்ளன (ஃபார்மரின் போட்டா மீட்டரும் படம். 31, காளுங்கின் போட்டா மீட்டரும் படம் 32 காட்டப்பட்டுள்ளன, பார்க்க பக்:88)

ஒரு சிறிய முழுத் தாவரமோ அல்லது பெரிய தாவரத்தின் ஒரு சிறிய கொப்போ நீர் நிரப்பப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் ஒரு துளை அடைப்பான் வழியாகச் செருகப்பட்டு,

அடைப்புகளின் வழியாக நீர் அல்லது காற்று செல்லாமல் இருக்க வாஸலீன் போன்ற பொருள்கள் தடவப்பட வேண்டும். இந்தப் பாத்திரத்துடன் இரண்டு நுழை வாயில்கள் (inlets) திறக்கின்றன.



படம் 31
பார்மரின் போட்டா மீட்டர்



படம் 32
கானுங்கின் போட்டா மீட்டர்

அவையாவன, ஒன்று நீர் சேமிப்புத் தொட்டி, இரண்டு ஸ்கேல் குறிக்கப்பட்ட வளைந்த (L வடிவ) கண்ணாடிக் குழாய் (படம் 32). L வடிவ குழாயின் வழியாக ஒரு சிறு காற்றுக் குமிழியை அதன் கிடைமட்டப் பகுதியில் செலுத்திவிட்டு, அதன் நுனியை நீர்

உள்ள ஒரு கண்ணாடி பீக்கரில் செருக வேண்டும். கொப்பு நீராவிப் போக்கு மூலம் நீராவியை வெளிவிட விட, கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலிருந்து நீர் உறிஞ்சப்படுகிறது; கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் நீர் குறையக் குறைய L வடிவக் குழாய் வழியாக பீக்கர் நீர் மேலே ஏறுகிறது. இதனால் காற்றுக் குமிழ் இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எந்த அளவுக்கு அது இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது என்று கணக்கிட்டால் அந் நேரத்தில் அத் தாவரத்தின் நீராவிப் போக்கின் அளவு தெரியும்.

ஏற்கெனவே கூறியபடி இம் முறையின் அடிப்படை ஊகமே பிரச்சினைக்குரியதாகும்.

(5) நீராவிப் போக்கின் 'பயன்கள்' ('Uses' of transpiration)

பொதுவாக நீராவிப் போக்கை ஒரு தவிர்க்க முடியாத, தேவையான தீமை என்று கருதுவார்கள். இது தாவரத்தின் அமைப்பினாலும் (construction), வளர்சிதை மாற்றத் தேவைகளாலும் ஏற்பட்ட தேவையற்ற (undesirable) நிகழ்ச்சி என்றும் கருதப்படுகிறது. இது ஏன் தேவையற்றது என்றால் சில தாவரங்கள் அதிகப்படியான நீர் இழப்பால் தம்முடைய வளர்ச்சியில் அதிகமான பாதிப்பை அடைகின்றன அல்லது சில சமயம் உயிரை இழந்துவிடுகின்றன.

நீராவிப் போக்கு மிகவும் வெளிப்படையான, பரந்து காணப்படும் நிகழ்ச்சியாக இருப்பதால், பல ஆராய்ச்சியாளர்கள், அப்பொழுதுக்கப்பொழுது, தேவையற்ற, பயனற்ற இந் நிகழ்ச்சியைப் பயனுள்ள நிகழ்ச்சி என்றோ அல்லது அத்தியாவசியமான (Indispensable) நிகழ்ச்சி என்றோ கூறிவருகிறார்கள் என்று ஒருசிலர் கருதுகிறார்கள். (உதாரணமாக நைட் (Knight 1965) இதனைப் பற்றிப் பின்வருமாறு கூறுகிறார். "Transpiration is an obvious and widespread Phenomeion and Investigators and speculators have, from time to time, put forward' mitigating circumstances' which might lift transpiration from it role as a menace to one of distinct usefulness or indeed indispensability".) இது எந்தவிதப் பயனையும் தாவரத்தில் பூர்த்தி செய்யவில்லை என்றும், உண்மையிலேயே இந் நிகழ்ச்சி இல்லை என்றாலும் தாவரம் உயிர் வாழும் என்றும் பலர் கருதுகிறார்கள்.

எனினும் நீராவிப் போக்கோடு தொடர்புள்ள சில விளைவுகள் ஒரு சிறிது தாவரத்திற்குப் பயனளிக்கின்றன என்பதை யாவராலும் மறுக்கமுடியாது என்று ஒரு சிலர் கருதுகின்றனர். மூன்று முக்கியமான விளைவுகள் பற்றிக் கீழே பார்ப்போம்:

(i) குளிர்த்தன்மை ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் (Cooling effects) ஒருசிலர் நீராவிப்போக்கு தாவரத்திற்குக் குளிர்த் தன்மையைத் தருகிறது என்றும் இது தாவரத்தை அதிக வெப்பத் தன்மையில் இருந்து பாதுகாக்கிறது என்றும் கருதுகின்றனர். எனினும், நீராவிப்போக்கு நடைபெருத சூழ்நிலையில் வாழும் தாவரங்கள் அதிக வெப்பமடைவதில்லை. (Overheated) என்பது இக் கருத்துக்குப் புறம்பானதாக இருக்கிறது,

(ii) தாவர வளர்ச்சியில் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் (Effect on growth of plants) : நீராவிப்போக்கு தாவரத்தின் வளர்ச்சியை மறைமுகமாகப் பாதிக்கிறது என்பதற்கு ஒருசில சான்றுகள் இருப்பதாக வின்னபெர்கர் (Winneberger 1958) கருதுகிருர். ஹார்டிபேரி (Hardy pear)யின் மொட்டுகள் மிக அதிக ஈரப்பதன் இருக்கும்பொழுது வளர்ச்சியடைவதில்லை. அதே சூழ்நிலையில், சூரியகாந்தியின் வளர்ச்சியும் பாதியாக்கப்படுகிறது. அதிக ஈரப்பதன் இருக்கும்பொழுது நீராவிப்போக்கின் அளவு கிட்டத் தட்ட ஒன்றுமில்லை (almost negligible) என்பதால் மேற்கூறிய இரண்டு தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கும் நீராவிப்போக்கு அவசியம் என்று அவர் கருதினுர்.

நீராவிப்போக்கு நீர் உறிஞ்சுதலை விட அதிகமானுல், நீர் பற்ருக்குறை ஏற்பட்டு வாடுதல் உண்டாகிறது என்று நாம் ஏற்கெனவே பார்த்தோம். இது மேன்மேலும் தொடர்ந்தால் தாவரம் இறப்பது நிச்சயம். இதன் காரணமாகவும் நீராவிப் போக்கு அளவு கட்டுப்பாடாக இல்லாவிட்டால் தாவரங்களின் வளர்ச்சியும், அதன் உயிர்த் தன்மையும் பெரிதும் பாதிக்கப்படு கின்றன என்று தெரிய வருகிறது.

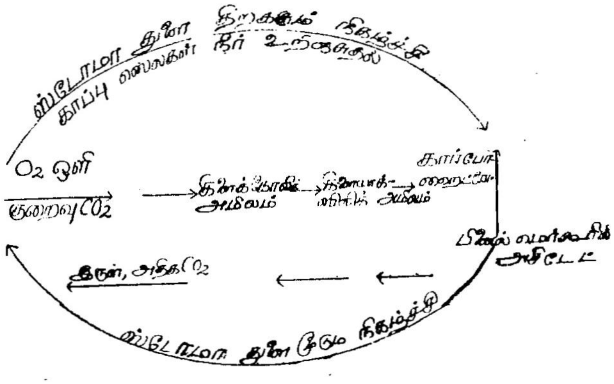
அமினே அமிலங்கள், புரோட்டீன்கள் ஆகியவற்றின் வளர்சிதை மாற்றமும் நீராவிப்போக்கின் அளவாலும், நீர்ப் பற்ருக்குறை அளவாலும் பெரிதும் பாதிக்கப்படுகின்றன என்று பார்னெட்டும் நெய்லரும் (Barnetlt& Naylor 1966) மற்றவரும் கருதுகின்றனர்.

(iii) கனிம உப்புகள் உறிஞ்சப்படுவதில் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் (Effect on mineral salt obsorption) : நீரும், கனிம உப்புகளும் மண்ணில் ஒன்ருகக் காணப்படுவதாலும், இரண்டும் வேரினுல் உறிஞ்சப்படுவதாலும் ஒருசில தாவர இயல் வல்லுநர்கள் உப்புகள் உறிஞ்சப்படுவதிலும் நீராவிப்போக்கு பெரும்பங்கு வகிக்கிறது என்று கருதி வந்தனர். எனினும் பின்னுல் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, நீர் உறிஞ்சப்படுதலும், உப்புகள்

உறிஞ்சப்படுதலும் இரண்டு தனித்தனியான நிகழ்ச்சிகள் என்றும், இரண்டும் வெவ்வேறு செயல் முறைகளில் (Mechanisms) உறிஞ்சப்படுகின்றன, என்றும் தெரியவந்தது. ஒரு சிறிது அளவு தான் நீருடன் உப்புகள் உறிஞ்சப்படுகின்றன என்பதும் அவற்றை உறிஞ்சுதலிலும், கடத்துதலிலும் நீராவிப்போக்கு பங்கு வகிக்கிறது என்பதும் மறுக்க முடியாத உண்மைகளாகும். ஹைஹல்மோ (Hylmo 1955), கிரேமர் (Kramer 1957), பெட்டர்ஸன் (Pettersson 1960), லோபுஷின்ஸ்கி (Lopushinsky 1964) ஆகியோர் கூற்றுப்படி நீராவிப் போக்கின் அளவிற்கும், உப்புகளின் அயனிகள் உறிஞ்சப் படுவதற்கும் தொடர்பு இருக்கிறது என்று தெரியவருகிறது.

ஸ்டோமா செயல் முறை பற்றிய கோட்பாடுகள் (Hypotheses Concerning the Stomatal mechanism)

ஸ்டோமாக்கள் எப்படி தம் துளையின் அளவைக் கட்டுப்படுத்து கின்றன என்பதைப் பற்றி எழுப்பப்பட்ட கோட்பாடுகளில் மிக முக்கியமானவை நான்காகும். இவற்றில் மூன்று பல காலமாக வழக்கில் இருந்தவை. நான்காவது 1963-ல் இஸ்ரேல் ஜெலிட்ஸ் (Israel zelitch) என்பவரால் உண்டாக்கப்பட்டது. இந்த நான்கைப் பற்றியும் மிகச்சுருக்கமாகக் காண்போம்.



படம் 33
ஜெலிட்ஸின் கிளைக்கோலேட் கொள்கை

(i) கிளைக்கோலேட் கொள்கை (The Gleycollate hypothesis): ஜெலிட்ஸ் என்பவரால் உருவாக்கப்பட்ட கொள்கையாகும். கிளைக்கோலிக் அமிலத்துடன் தொடர்புள்ள (Analogons)α ஹைட்ராக்ஸி ஸல்ஃபோனிக் அமிலங்களை இலைகளின் மேல் செலுத்தினால் அவை ஒப்பு நோக்கு இலைகளை விட (Control leaves) மெதுவாக வாடின; இந்தப் பொருள் ஒளியில் ஸ்டோமா துளைகளைத்

திறப்பதைத் தடுத்தது. இந்த இரண்டு ஆதாரங்களையும் மனத்தில் கொண்டு, கிளைக்கோலிக் அமிலம் ஸ்டோமா துளை திறப்பு—மூடலில் பெரும்பங்கு வகிக்கலாம் என்று ஜெலிட்ஸ் ஊகித்தார். மேலும் CO_2 அளவு குறைவாக இருக்கும்பொழுது கிளைக்கோலேட் அதிகமாக இருந்தது.

ஸ்டோமாக்கள் திறக்கும்பொழுது மற்ற புறத்தோல் செல்களின் தடங்கல்களை மீறிக் கொண்டு செயல்படவேண்டும். இதற்கு A T P தேவை. இந்த A T P தேவை கிளைக்கோலேட்டின் அளவைப் பெரிதும் சார்ந்திருப்பதாலும், கிளைக்கோலேட் ஸ்டோமாவின் செயலில் பங்கு வகிக்கிறது என்று ஜெலிட்ஸ் கருதினார். அவருடைய கொள்கை பட வடிவில் (படம் 33) காட்டப்பட்டுள்ளது.

(ii) இருள் கார்பாக்ஸிலேஷன் கிரியைகள் (Dark carboxylation eactions): ஒளிச் சேர்க்கையைத் தவிர, ஒளியில்லாத போதும் கார்பன்டை ஆக்ஸைடை தாவரங்கள் உறிஞ்சுகின்றன என்று தெரிய வருகிறது. முதன் முதலில் இந் நிகழ்ச்சி (crassulacean acid metabolism) ஒருசில சதைப்பற்றுள்ள தாவரங்களில் (Succulent plants) மட்டும் இருப்பதாகக் கூறப்பட்டாலும், வேறுசில தாவரங்களிலும் இந் நிகழ்ச்சி நடைபெறலாம் என்பதற்கு ஆதாரங்கள் பல இருக்கின்றன. நேரடியாக CO_2 ஒரு சில அங்கக அமிலங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. (உதாரணமாக மாலிக் அமிலம், ஆக்ஸலோ அசிடிக் அமிலம்.) இந்த அமிலங்கள் காப்புசெல்களின் pH குறைத்து அதன் மூலம் ஸ்டோமாக்களின் செயல்களைக் கட்டுப்படுத்தலாம் என்பதுதான் இக் கோட்பாட்டின் அடிப்படையாகும்.

(iii) ஸ்டார்ச்சு$\rightleftharpoons$சர்க்கரை இடைமாற்றம் (Starch$\rightleftharpoons$sugar inter conversion): பெரும்பாலோரால் ஒத்துக் கொள்ளப்பட்ட இக் கொள்கையைப் பற்றி ஏற்கெனவே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது (ஸ்டோமாவின் வாழ்வியல் என்ற பகுதியைப் பார்க்கவும்.)

(iv) செலுத்து திறன் மாற்றங்கள் (Permeability changes): இருளிலும், ஒளியிலும் காப்பு செல்களின் சவ்வுகளில் ஏற்படும் செலுத்து திறன் மாற்றங்கள் ஸ்டோமா திறத்தலிலும், மூடுதலிலும் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன என்பது இக் கோட்பாட்டின் அடிப்படை. ஆல்கனில் சக்ஸினிக் அமிலங்கள் ஒளியில் ஸ்டோமா துளையை மூடுகின்றன. இதற்குக் காரணம் அவை காப்பு செல்களின் செலுத்து திறனை அதிகரிக்கின்றன என்பதுதான். இக் கோட்பாட்டைப் பற்றி அதிகம் தெரியவில்லை.

7. நீர்க்கசிவு

(Guttation)

காயம் படாத ஒரு தாவரத்தின் இலைகளிலிருந்தோ அல்லது இலைகள் போன்ற உறுப்புகளில் இருந்தோ நீர் திரவ வடிவத்தில் கசிந்தால் அதனை நீர்க்கசிவு என்பர். இது வேர் அழுத்தத்தினால் ஏற்படும் வெளிப்படையான ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். இது புற்கள் போன்ற சிறு செடிகளில் பொதுவாக நடைபெறுகிறது. கிட்டத் தட்ட 300 தாவரங்களுக்கு மேலேயே நீர்க்கசிவைக் கொண்டிருக் கின்றன என்று மேயரும் மற்றவரும் (Meyer etal 1960) குறிப்பிடு கின்றனர். இளங் காலையில் பல தாவரங்களின் இலைகளின் நுனி யில் காணப்படும் 'பனிகள்' (dews) நீர்க்கசிவு நிகழ்ச்சியால் வெளி யேறிய திரவம்தான் (படம் 33a) வெப்பமான, நீர்ப்பசை மிகுந்த மண்ணும் (இவை வேர் அழுத்தத்தை ஊக்குவிக்கும்), குளிர்ச்சியான, நிலை யான ஈரப்பசை மிகுந்த வானிலையும் (இது நீராவிப் போக்கைக் குறைக் கும்) நீர்க்கசிவு ஏற்படுவதற்கான சாதகமான சூழ்நிலைகளாகும். எனவே, அதிக வேர் அழுத்தமும் குறைந்த நீராவிப் போக்கும் இருந் தால் நீர்க்கசிவு நடைபெறுவது ஊக்குவிக்கப்படுகிறது.

படம் 33 a
நீர்க்கசிவு

தேவைக் கதிகமான நீர் குறிப் பிடத்தக்க நீர்த் துவாரங்கள் மூலம் கசிகின்றது. இந்தத் துவாரங்கள் நீர்த் துளைகள் அல்லது ஹைடதோடு கள் (Hydathodes) என்று கூறப்படு கின்றன. இத் துளைகள் ஸ்டோமாக் களின் மாற்றுருக்கள்; ஸ்டோமாக் களின் காப்பு செல்கள் முடாதநிலையிலேயே இருந்து தடிப்பு அடையாமல் ஹைடதோடுகளின் துளையைச் சூழ்ந்திருக்கின்றன

என்று பலர் கருதுகின்றார்கள். இத் துளையின் கீழே உள்ள திசு மீஸோஃபில்லின் மாற்றுரு போன்று காணப்படுகிறது. செல்களிடையே செல் இடைவெளிகள் நிறைய இருந்து தொகுதியாக இந்த செல்கள் காட்சியளிகின்றன. இத் திசுவை எபிதம் (epithem) என்றழைப்பர். இத் திசுவைத் துளைத்துக் கொண்டு ஒரு சில டிரக்கீடுகள் ஹைடதோடின் பாதி தூரம் வரை வந்து முடிகின்றன. இந்த டிரக்கீடுகளில் இருந்து நீர் வெளியேறித் தங்கு தடையின்றி எபிதம் திசுவைக் கடந்து துவாரத்தின் வழியாக வெளியில் கசிகிறது.

பெரும்பாலான தாவரங்களில் நீர்த் துளைகள் இலைகளின் விளிம்புகளிலும், நுனியிலும் காணப்படுகின்றன. விளிம்புகள் பற்கள் போன்ற அமைப்புகளைப் பெற்றிருந்தால் அவற்றில் இத் துளைகள் அமைந்து காணப்படுகின்றன. வெப்ப பிரதேசத்தில் உள்ள காடுகளில் உள்ள தாவரங்களில் நீர்க்கசிவு அதிகம் நடைபெறுகிறது. அதிலும் எராய்டி (Aroideac) குடும்பத்தைச் சேர்ந்த தாவரங்களில் இது மிகவும் அதிகம். இத் தாவரங்களில் தொடர்ந்த நீர்க்கசிவு ஏற்படுவதால், அவை வளரும் மண்ணில் மழை பெய்தாற் போன்ற விளைவு ஏற்படுகிறது. உதாரணமாக, ஒரு சேம்புத் தாவரம் (Colocasia) ஒரே இரவில் கிட்டத்தட்ட 100ml அளவு வரை நீரை இம் முறையில் இழக்கிறது என்று மேயரும் மற்றவரும் (Meyer etal 1960) கூறுகின்றனர்.

ஒருசில தாவரங்களில் மேற்கூறிய நீர்த் துளைகளிலிருந்து வேறுபட்ட நீர்ச் சுரப்பிகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் அமைப்பு தேன் சுரப்பிகளை ஒத்திருக்கின்றன. இவற்றில் நீர் உண்டாக்கப்படும் செயல் முறையும் (mechanism) மேலே கூறியவற்றிலிருந்து வேறுபடுகிறது. இங்கு நீர் அதிக ஹைட்ரோ ஸ்டேடிக் விசையுடன் (hydrostatic pressure) வெளியேறுகிறது. இதில் நீர் சுரக்கப்படுவதை குளோரோஃபார்ம், சயனைட் போன்ற வளர்சிதை மாற்றத் தடைப் பொருள்கள் நிறுத்தி விடுகின்றன.

இரண்டு வகை அமைப்பிலிருந்தும் கசியும் நீரில் பல பொருள்கள் கரைந்தோ அல்லது கலந்தோ காணப்படுகின்றன என்று தெரிய வருகிறது. உதாரணமாக அட்டவணை 7-ல் ரோஸன்ரை (Rosenrye), ஜெனிஸி கோதுமை (Genese wheat), டிரெய்ல் பார்லி (Traill barley) போன்றவற்றின் நாற்றுகளிலிருந்து கசியும் திரவத்தில் காணப்படும் பொருள்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன (அட்டவணை 7). இவற்றில் முக்கியமானவை கனிம உப்புகளும், அமினோ அமிலங்களும்தான். நீர் ஆவியாகும் பொழுது அவற்றில் கரைந்துள்ள பொருள்கள் மட்டும் இலையின்

பரப்பில் படிந்து விடுகின்றன. உதாரணமாக சாக்ஸிபிரேகாவில் (Saxifraga) சுண்ணும்புப் படலமும், சில புற்களில் குளுட்டைமன் (Glutamine) பொருள்களும் இலைகளின் மேல் காணப்படுகின்றன. இப் படலங்கள் பெரும்பாலான தாவரங்களில் மீண்டும் கரைக்கப் பட்டு இலைகளால் உறிஞ்சப்படுகின்றன. இப் படலங்களின் உப்புகள் அதிக அடர்த்தி கொண்டு இருப்பதால் இலைகளுக்குச் சில சமயம் சேதம் ஏற்படலாம். அமினோ அமிலங்கள் படியும் பொழுது அவற்றின்மேல் பல நுண்ணுயிர்கள் வளர்கின்றன.

நீர்க்கசிவு ஏன் ஏற்படுகிறது என்பது பற்றித் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஷ்மிட் (Schmidt) கூற்றுப்படி, இது அதிகப் படியான உப்புகளை வெளியேற்றுவதற்குத் தாவரங்கள் ஏற்படுத் திக் கொண்டுள்ள ஒரு வழியேயாகும். இது எவ்வளவு தூரம் உண்மை என்று தெரியவில்லை.

நோயூக்கும் நுண்ணியிரிகள் இத் துளைகள் வழியாக இலைகளுக் குள் நுழையலாம் என்றும் பால்டு (Bald), ஜான்சன் (Johnson) போன்றவர்கள் கருதுகிறார்கள்.

அட்டவணை 7

ரோஸன்ரை, ஜெனிஸி கோதுமை, டிரெய்ல்பார்லி ஆகிய வற்றின் நாற்றுகளில் ஏற்படும் இலைக் கசிவில் காணப் படும் பொருள்கள்-கோட்லே, லூயிஸ் ஆராய்ச்சிப்படி (Goatlya & Lewis 1966)

பொருள்கள்	மில்லிலிட்டர் / லிட்டர்		
	ரை	கோதுமை	பார்லி
பாஸ்பரஸ்	1·1	0 7	2 3
பொட்டாசியம்	18·0	27·0	30 0
சோடியம்	0·5	0·8	1·1
கால்சியம்	1·5	3 0	4·8
மக்னீசியம்	1·5	1·5	2·4
மாங்கனீசு	0 02	0·02	0 05
இரும்பு	0·4	0·15	0·07
செம்பு	0 04	0·03	0 03
போரான்	0·04	0·05	0·08
துத்தநாகம்	0·02	0·05	0 05
மாலிப்டினம்	0 001	0·002	0 003
அலுமினியம்	0 06	0·08	0·09
நைட்ரேட்	1·0	1·0	1 0
பாஸ்பேட்	2 0	0·9	1·0
NH_4^+	5·6	5 0	8·9

பொருள்கள்	மில்லிலிட்டர் /லிட்டர்		
	ரை	கோதுமை	பார்லி
அராபினேஸ்	2·5	5·6	4·1
பிரக்டோஸ்	10 3	4·4	1·8
காலக்டோஸ்	10·3	7·6	4·0
குளுக்கோஸ்	18·7	2 6	38·7
ரைபோஸ்	1·0	மிகக்குறைவு (traces)	1·0
சுக்ரோஸ்	3·8	4·9	0·0
ஸைலோஸ்	1·8	2·0	0·2
சக்ஸினிக் அமிலம்	Ca·10	Ca·10	Ca·10
அஸ்பார்டிக் அமிலம்	2·2	0·5	3·6
அஸ்பராஜைன்	2·5	1·9	9·5
குளுட்டாமிக் அமிலம்	0·7	0 0	0·0
குளுட்டமைன்	0·8	0·3	1·2
பையோடின்	0·002	0·001	0·018
கோலீன்	0·30	0 06	1·9
அயனோஸிட்டால்	9·0	0·25	4·5
p-அமினோ பென்ஜாயிக் அமிலம்	0 00006	0·00005	0·002
பாண்டோதீனிக் அமிலப்	0·04	0·085	0·08
பிரிடாக்ஸைன்	0 01	0·0005	0·0001
ரிபோபிளேவின்	0 00025	0·0002	0·0002
தயமின்	0 00006	0·00005	0·0025
யூரேஸில்	0·0	0·0	1·7
pH	5·0	5 5	6·7

8. நீர் உறிஞ்சப்படுதலும் சாறேற்றமும்
(Absorption of water and Ascent of sap)

I. நீர் உறிஞ்சப்படுதல் (Absorption of water)

தாவரத்தின் எந்தப் பகுதியும் நீரினை உறிஞ்சும் தன்மையை ஓரளவுக்குப் பெற்றிருந்தாலும், பெரும்பாலான நீர் வேரின்மூலம் உறிஞ்சப்படுகிறது. மற்றப் பகுதிகளும் நீரை உறிஞ்சுதல் நீர்த் தாவரங்களில் காணப்படுகிறது. மேலும், இந்நீர் மண்ணிலிருந்து தான் கிடைப்பதால், நீர் உறிஞ்சப்படுதல் பற்றி அறியவேண்டு மென்றால் மண்ணின் தன்மைகள் பற்றியும் அது எவ்வாறு தாவர-நீர்த்தொடர்பில் பங்கேற்கிறது என்பது பற்றியும் முதலில் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். தாவர சூழ்நிலையில், முக்கியமாக மண்ணில் நீர் எவ்வாறு செயல்படுகிறது என்பது பற்றிய விவரம் அடுத்த அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. எனினும் மண்ணைப் பற்றிய ஒருசில உண்மைகளை இப்பொழுது பார்ப்போம்.

(a) மண்ணின் பாகங்கள் (Components of Soil)

சாதாரணமாக, ஐந்துபாகங்கள் மண்ணில் வேறுபடுத்தப் படுகின்றன. அவையாவன:

(i) மண்ணின் கனிமப்பொருள்கள் : பெரும்பாலான மண்களின் மூலம் (source) பாறையாகும். பாறைகள் பல வகைப் படும். பல விதமான சிதைவு நிகழ்ச்சிகளால் பாறைகள் பல்வேறு அளவு கொண்ட தூள்களாக மாறுகின்றன; இத்தூள்கள் மண்ணின் பெரும்பகுதியை உண்டாக்குகிறது. மண் துகள்கள் கற்களிலிருந்து, கொல்லாய்டல் துகள்வரை இருக்கின்றன. மண்ணின் பௌதீகத் தன்மைக்கு இவைதான் காரணம். துகள்களின் அளவைப்பொறுத்து அவற்றைப் பெருமணல் (0.2மி.மீ—2 மி. மீ) (Coarse sand), பொடிமணல் (0.02 மி.மீ—0. 2மி.மீ) (fine sand),வண்டல் (0. 002 மி.மீ—0.02 மி.மீ) (silt), களிமண் (.002 மி.மீ.க்கு கீழே) (clay) என்று பிரிக்கிறார்கள்.

ஒவ்வொரு வகையான மண்ணிலும் இத்துகள்களின் விகிதம் வேறுபடுகிறது. இவ்விகிதத்தைப் பொறுத்து மண் வகைகளின் பௌதீகத்தன்மையும் வேறுபடுகின்றது. வளமான மண்கள் களிமண்ணை அதிகமாகக் கொண்டிருக்கும். தாவர வளர்ச்சியைப் பாதிக்கும் மண்ணின் பண்புகள் பெரும்பாலும், அம்மண்ணில் களிமண் எந்த அளவுக்கு இருக்கிறது என்பதைப் பொறுத்தது. இதனை விளக்குவதற்குக் களிமண் அதிகம் கொண்ட மண் வகையை எடுத்துக் கொள்வோம். களிமண்ணின் துகள்கள் மிகவும் சிறியதாகவும் நெருக்கமாகவும் அமைந்து மிகச்சிறிய நுண் வெளிகளை இடையில் கொண்டிருக்கின்றன. இதன் விளைவாக மண்ணையடைந்த நீர் எளிதாக இத்துகள்கள் பகுதியைக் கடக்க முடியாது நீர் இதனால் அதிக காலத்திற்கு மண்ணில் நிலைத்து நிறுத்தப்படுகிறது. இதனை நீரைத் தக்க வைக்கும் திறன் (retentivity) என்பர். மணல் மண்ணிலோ, மற்ற வகை மண்ணிலோ (களிமண் தவிர) இது மிகவும் குறைவு. மேலும், களிமண் அதிகமுள்ள மண்ணில் உள்ள இடைவெளிகள் குறுகி இருப்பதால் தந்துகிக்கவர்ச்சியால் அல்லது நுண்துளை ஆற்றலால் நீர் அதிக உயரத்திற்கு ஏறமுடிகிறது. களிமண் துகள்கள் மிகவும் சிறியதாக இருப்பதால் இவை அதிகம் கலந்த மண் கொல்லாய்டாக செயல்படுகிறது. கொல்லாய்டுகளுக்கு உரித்தான பண்புகளான பரப்பு ஒட்டல், அதிகப் புறபரப்பு உள்ளீர்த்தல் ஆகியவற்றையும் கொண்டிருக்கின்றன. களிமண் துகள்கள் எதிர்மின்னேற்றம் கொண்டிருப்பதால் அவை நேர்மின் அயனிகளை ஈர்க்கும் பண்பு கொண்டிருக்கின்றன. களிமண் கூட இருந்தால் இரண்டு முக்கிய இடர்ப்பாடுகள் உள்ளன. நீர்வடிதல் (drainage) காற்றோட்டம் (aeration) ஆகியவை இதில் மிகவும் குறைவு. எனவேதான் மணல் மண்ணும், களிமண்ணும் சேர்ந்த லோம் மண் (loam soil) தாவரங்களுக்கு மிகவும் ஏற்றதாக இருக்கிறது.

(ii) அங்கக மட்கு (organic matter) பெரும்பாலான மண் வகைகள் அங்ககப் பொருள்களைக் கொண்டு காணப்படுகின்றன. இவை மண்ணில் மேல் தாவரங்களும், பிராணிகளும் அழிதலால் உண்டானவையாகும். அங்ககப் பொருள்களின் அளவு மண்ணில் ஒன்றுமே இல்லாமல் இருக்கும் நிலையிலிருந்து கிட்டத்தட்ட 95 சதவிகிதம் வரை இருக்கலாம் (பீட் மண் peat soil). சாதாரண மாகப் பயிரிடப்படும் நிலங்களில் அங்கக மட்கின் அளவு அரிதாகத் தான் 15 சதவிகிதத்தைத் தாண்டுகிறது.

அங்கக மட்கில்தான் நுண்ணுயிர்களால் ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகள் எல்லாம் நடைபெறுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சியில் முக்கியமானது அங்ககப் பொருள்கள் ஆக்ஸிகரணம் (oxidation) அடைதல்தான். ஒரு சிறிது தான் தன்னிச்சையான வேதியச்சிதைவு ஏற்படுகிறது. நுண்ணுயிர்களுக்குச் சாதகமான சூழ்நிலை இருக்கும்பொழுது விரைவில் அங்கக மட்கு மறைந்துவிடுகிறது. எனவேதான் அடிக்கடி நிலத்திற்கு அங்கக மட்கினைச் சேர்க்கின்றனர்.

(iii) மண்நீர் (Soil water) : எல்லா வகை மண்ணுக்கும் உரித்தான பாகம் நீராகும். இதன் அளவு மண் வகைக்கு ஏற்ப மாறுபடும். மண்நீரின் வகைகள் அடுத்த அத்தியாயத்தில் விவரமாகக் கூறப்பட்டுள்ளன. இந்நீரில் பல விதமான கரை பொருள்கள் கரைந்து மண்கரைசலை உண்டாக்குகின்றன. இந்த கரைபொருள்கள் மண்மூலமான பாறையிலிருந்தோ, அங்கக மட்கிலிருந்தோ அல்லது நுண்ணியிரிகளின் செயல் களாலோ தோன்றுகின்றன.

(iv) மண் நுண்ணுயிரிகள் (Soil microorganisms) : மண்ணில் பாக்டீரியங்கள், பூஞ்சைகள், ஆல்காக்கள் போன்ற தாவர நுண்ணுயிரிகளைத்தவிர புரோட்டோ ஜோவா, உருளைப்புழுக்கள் (nematodes) போன்ற பிராணித் தொகுதிகளின் நுண்ணுயிரிகளும் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் மிக முக்கியமானவையாகவும் அதிகமாகவும் இருப்பது பாக்டீரியங்கள்தான், இவை பலவித மான வாழ்வியல் கிரியைகளை மண்ணில் உண்டாக்குகின்றன. இவற்றில் முக்கியமானவை செல்லுலோஸ் சிதைவு, அம்மோனியா உண்டாக்குதல், நைட்ரஜன் நிலைப்படுத்துதல் போன்றவையாகும். பல மண்களில் ஒரு கிராம் மண் எடையில் இரண்டு மில்லியனுக்கும் 200 மில்லியனுக்கும் இடைப்பட்ட எண்ணிக்கையில் பாக்டீரியங்கள் காணப்படுகின்றன.

(b) வேர்த்தூவிகள் (root hairs)

இவ்வமைப்புகள் வேரின் வேர்த்தூவிப் பகுதியில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. இப்பகுதியின் நீளம் ஒரு சில மீட்டரிலிருந்து பலசென்டிமீட்டர்கள் வரை இருக்கலாம். இந்நீளம் தாவரங் களையும், அவற்றின் வேர் வளரும் சூழ்நிலையையும் பொறுத்தது. மிகவேகமாக வளர்ச்சியடையும் வேர்த் தொகுதியைப் பெற்ற தாவரங்களில் வேர்த்தூவிகள் நீட்சியடையும் பகுதிக்குப் (elongating region) பின்னே தொடர்ந்து தோன்றுகின்றன. இதன் விளைவாக மண்ணின் பெரும்பகுதியும் வேர்த்தூவிகளால் பொது

வாக ஆக்கிரமிக்கப்படுகின்றன. பல வேர்த்தூவிகள் ஒரு சிறிது காலத்திற்குத்தான் செயலுடன் விளங்குகின்றன. பெரும்பாலும் ஒரு வாரத்திற்குள் தம் செயலை அவை இழந்துவிடுகின்றன. ஆனால், ஒரு சில தாவரங்களிலாவது, ஒரு முழு வளர்ச்சிக் காலம் (growing season) அவை உயிருடன் இருக்கின்றன.

வேர்த்தூவி ஒரு குழல் வடிவப்புறத்தோல் செல் நீட்சியாகும். இதன் நுனி மூடியானது செல்லின் பரப்பிலிருந்து நேர்க் கோணத்தில் அமைந்திருக்கிறது. ஒரு சில புறத்தோல் செல்கள் தான் வேர்த்தூவிகளாக நீட்சி அடைகின்றன. 1 மில்லி மீட்டர் நீளத்துக்கும் குறைவிலிருந்து 1 சென்டி மீட்டர் வரை வேர்த் தூவிகள் இருக்கலாம்; குறுக்கு வெட்டில் கிட்டத்தட்ட 10 mμ விட்டமுடையவை.

வேர்த்தூவியின் செல்லுறை முக்கியமாக செல்லுலோஸாலும், பெக்டின் பொருள்களாலும் ஆனது. உறையின் வெளி அடுக்கு (Outer lamella) பெரும்பாலும் பெக்டின் பொருள்களால்—அதுவும் கால்சியம் பெக்டேட்டால்—ஆனது. இதன் காரணமாகத்தான் மண் துகள்களும், வேர்த்தூவிகளும் மிக அதிகப் பரப்பு ஒட்டல் விசையுடன் ஒட்டிக் கொள்கின்றன. இதனைப் பற்றி நாம் ஏற்கெனவே பார்த்தோம். செல்லுறையைத் தொடர்ந்து மெல்லிய சைட்டோபிளாஸப் படலம் உறையை ஒட்டிக் காணப்படுகிறது. இந்த சைட்டோபிளாஸ வேர்த்தூவி செல்லின் (புறத்தோல் செல்) சைட்டோ பிளாஸத்துடன் தொடர்புடையது. தூவியின் மையத்தில் வாக்வோல் காணப் படுகிறது. இதில் பலவிதப் பொருள்கள் கரைசல் நிலையில் காணப்படுகின்றன.

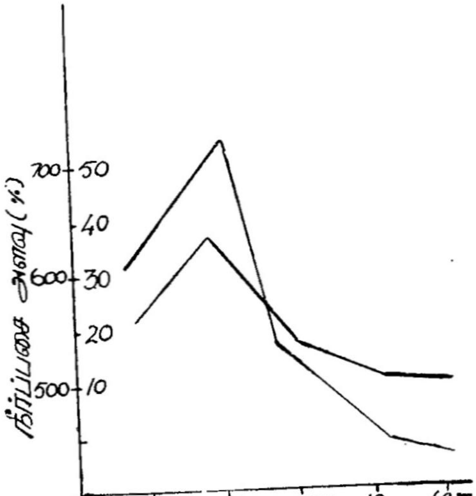
(c) நீர் உறிஞ்சுதலின் செயல் முறையும் வகைகளும் (Mechanism and types of absorption of water)

சாதாரண நிலைமைகளில் பெரும்பாலான நீர் வேர்த்தூவிகளால் உறிஞ்சப்பட்டாலும், வேரின் மற்ற புறத்தோல் செல்களும் ஓரளவுக்கு நீரினை உறிஞ்சலாம் என்று நம்பப்படுகிறது. வேர்த்தூவிக்குள் நீர் பரவு அழுத்தக்குறைவு வேறுபாட்டால் பரவுகிறது. வேர்த்தூவியின் DPD மண் கரைசலின் DPD யைவிட அதிகமாக இருக்கும் வரை, நீர் அதனிலிலிருந்து வெளியேறும் அளவை விட அதிக அளவிற்கு உறிஞ்சப்படுகிறது. வேர்த்தூவி செல்லின் கரைசல் அடர்த்தி அதிகமாக்கப்படுவதாலோ அல்லது அந்த செல்லின் விறைப்பு அழுத்தம் குறைக்கப்படுவதாலோ நீர் தொடர்ந்து வெளியிலிருந்து வேர்த்தூவியை அடைகிறது.

எனவே, பெரும்பாலான நீர் ஆஸ்மாடிக் முறையில்தான் வேர்த் தூவியை அடைகிறது: அதாவது நீர் உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல் (Passive absorption) மூலம் தூவியை அடைகிறது.

எனினும் பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் ஆஸ்மாஸிஸ் இல்லா, உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல் (Active absorption) நடைபெறுகிறது என்று கருதுகின்றனர். இந் நிகழ்ச்சிக்கு ஆற்றல் தேவைப் படுகிறது என்றும் அவர்கள் கருதுகிறார்கள் (பென்னட்—கிளார்க்கும் மற்றவரும் (Bennet-Clark etal *1936*); திம்மன் (Thimarn 1951); போகனும் பிரெல்லும் (Bogen & prell 1953).

(i) உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல் (Passive absorption): வேகமாக நீராவிப்போக்கு நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் ஒரு தாவரத்தில், ஸைலம் வெஸல்களும், டிரக்கீடுகளும் எதிர்மறை அழுத்தத்தையோ அல்லது குறைந்த அளவு அழுத்தத்தையோ கொண்டிருக்கின்றன. பெரும்பாலும் நீராவிப் போக்கின் அளவு நீர் உறிஞ்சுதலின் அளவுக்குச் சமமாக இருப்பதால் (படம் 34) ஒரு சில



படம் 34

தினம் இலையின் நீர்ப்பச்சை அளவில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் காட்டும் வரைபடம்.

சமயங்களில் நீராவிப் போக்கு உறிஞ்சுதலைவிட அதிகமாகிறது. வேகமாக இடப்பெயர்ச்சியடையும் நீராவிப்போக்கு நீர்த் தொகுதி (Tranpiration water column) வேரினில் ஒருவித இழுப்பு

விசையை (Suction force) உண்டாக்குகிறது. இதன் காரணமாக மண்ணிலிருந்து வேருக்கு நீர் கிட்டத்தட்ட ''இழுக்கப்படுகிறது.'' செல் சாற்றின் DPD எதிர்மறை விசையால் அதிகமாக்கப் படுகிறது. இதனைப் பின்வருமாறு கூறலாம்:

DPD = OP — (—TP)

(TP = விறைப்பு அழுத்தம்). எனவே DPD அதிகமானால் நீர் உட்கொள்ளலும் அதிகமாகிறது.

மேலே விவரிக்கப்பட்ட நீர் உட்கொள்ளல் நிகழ்ச்சி தண்டின் செயலால் (நீராவிப்போக்கு) உண்டான ஒன்றாகும். வேர் ஒரு உறிஞ்சு பரப்பாக மட்டும்தான் செயல்படுகிறது; எனவேதான் இம்முறை உறிஞ்சல் உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சலாகும். இதனை உறுதிப்படுத்தும் சான்று கிரேமரால் (Kramer 1959) கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. அதாவது தண்டுப்பகுதி உயிரற்ற வேரின் மூலமாகக்கூட நீரினை உறிஞ்சலாம்—உயிருள்ள வேரைவிட வேகமாகக்கூட—என்று ஆதாரங்கள் கொடுத்துள்ளார்.

உறிஞ்சப்படும் நீரில் பெரும்பங்கு உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சலால் தான் என்பதற்கான ஆதாரங்களை எல்லாம் மிகவும் நன்றாகத் திரட்டி சுந்தரம் (1970) கொடுத்துள்ளார். கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ள பகுதி அவருடைய புத்தகத்திலிருந்து எடுத்ததாகும்.

1. உயிருள்ள வேர்கள் பங்கு கொள்ளாமலேயே தாவரங் களில் உறிஞ்சுதல் நடைபெற முடியும். உதாரணமாக, மயக்க மருந்துகளால், இயக்கமற்றுப் போகும்படி செய்யப்பட்ட வேர்கள் மூலமும், உயிரற்ற வேர்கள் மூலமும்கூட நீராவிப் போக்கு நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் கிளைகள் நீரை உறிஞ்சு கின்றன.

2. உறிஞ்சுதலின் வீதத்திற்கும், நீராவிப் போக்கின் வீதத்திற்கும் இடையே இணையான போக்கு காணப்படுகிறது நீர் உறிஞ்சுதல் ஓரளவு பின்தங்கிய போதிலும், இரண்டும் ஏறத் தாழச் சமமாக இருக்கின்றன.

3. உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதலின் விளைவாகிய வேர் அழுத்தம் (root pressure) எல்லாத் தாவரங்களிலும் காணப்படுவதில்லை.

4. விரைவாக நீராவிப் போக்கு நடைபெற்றுக் கொண்டி ருக்கும் தாவரங்களில் உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதலோ வேர் அழுத்தமோ காணப்படுவதில்லை.

5. நீராவிப் போக்கினல் வெளியேறும் நீரை ஈடுசெய்யும் அளவிற்கு உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல் நடைபெறுவதில்லை. உதாரணமாக, வெட்டப்பட்ட தண்டுகளிலிருந்து உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல் மூலம் வெளியேறும் நீர் நீராவிப் போக்கினல் வெளியேறும் நீரில் 5 சதவிகிதம்தான் உள்ளது.

6. நீராவிப் போக்கு விரைவாக நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் செடிகளால், உயர்ந்த ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுடைய கரைசல்களிலிருந்து நீரை எடுத்துக் கொள்ளமுடியும். ஆனல், துண்டிக்கப்பட்ட வேர்களால் அவ்வாறு எடுத்துக்கொள்ள முடிவதில்லை. உதாரணமாக, நீராவிப்போக்கு விரைவாக நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் முழு பீன்ஸ் செடிகள் 14·6 வ.அ. ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுடைய கரைசல்களிலிருந்து நீரை எடுத்துக் கொள்கின்றன. ஆனல், அவற்றின் துண்டிக்கப்பட்ட வேர்கள் 1·9 வ. அ. ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுடைய கரைசல்களிலிருந்துகூட நீரை எடுத்துக் கொள்ள முடிவதில்லை.

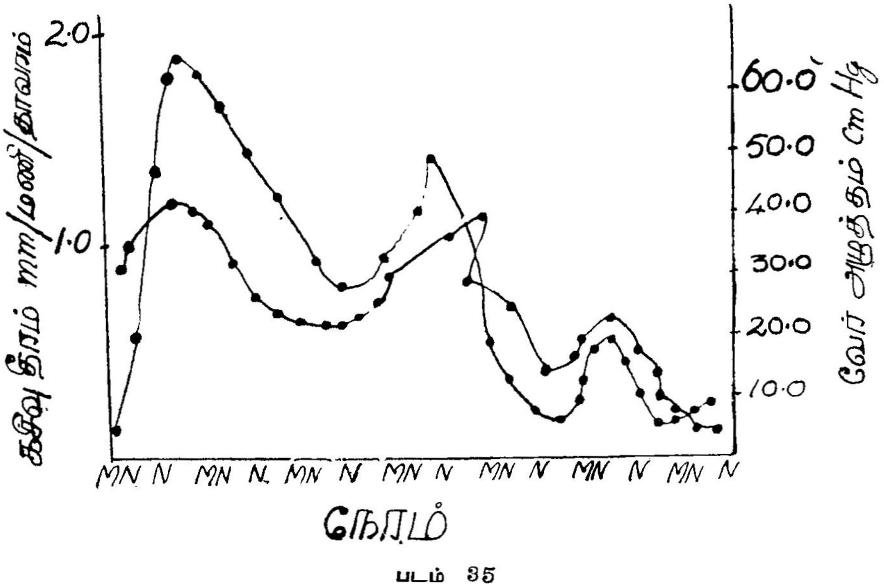
(ii) உயிர்ப்பு நீர் உறிஞ்சுதல் (active water absorption)

உறிஞ்சப்பட்ட நீரில் ஒரு சிறிது பகுதிதான் இம் முறையால் ஏற்படுகிறது என்ருலும் தாவர வாழ்வியல் வல்லுநர்களுக்கு இம் முறையின் செயல் விவரம் முக்கியமானதாக இருக்கிறது. இம் முறையின் மூலம் நீர் உறிஞ்சப்படும் பொழுது ஆற்றல் (energy) HTP வடிவத்தில் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாற்றலை சுவாசித்தல் அளிக்கிறது. உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சலில் வேர் எந்த முக்கியமான பங்கையும் வகிக்காமல் தண்டு எப்படி வகிக்கிறதோ, அதற்கு நேர்மாருக இங்கு நீர் உறிஞ்சலின் வேர்தான் முக்கியமான பங்கேற்கிறது. இரண்டு முறைகளில் உயிர்ப்பு நீர் உறிஞ்சல் ஏற்படுகிறது என்று கருதப்படுகிறது. ஒன்று உப்புகளின் உயிர்ப்பு உறிஞ்சல் நிகழ்ச்சிகள் மூலமும் மற்றென்று ஆஸ்மாஸிஸ் அல்லா முறையிலும் (non osmotic methods) ஏற்படலாம்.

நீர் மண்ணிலிருந்து வேர்த்தூவி, புறத்தோல், வேர்ப்புறணி, வேர் சைலம் ஆகியவற்றின் மூலம் தண்டுத் தொகுதியை அடைகிறது என்றும், இந்த இடப்பெயர்ச்சியில் தொடர்ச்சியான OP அதிகரிப்பு (அதாவது மண்ணைவிட வேர்த் தூவியில் அதிகம்; வேர்த் தூவியைவிடப் புறணியில் அதிகம், இதுபோன்று) பெரும் பங்கு வகிக்கிறது என்றும் யாவரும் அறிவர். இந்தத் தொடர்ச்சியான OP அதிகரிப்பு எவ்வாறு ஏற்படுகிறது? இதனை கிராப்ட்ஸும் புரோயரும் (Crafts & Broyer 1938) பின்வருமாறு விளக்குகின்றனர். புறணியிலிருந்து ஸ்டீல் வரை செல்லச் செல்ல

O_2 அடர்த்தி குறைந்தும், Co_2 அடர்த்தி அதிகமாகவும் காணப் படுகிறது. இதன் விளைவாக சைலம் குழாய்களுக்கு அருகாமை யுள்ள பாரங்கைமா செல்களில் வளர்சிதை மாற்றச் செயல்கள் குறைவாக இருக்கும். உப்பினை உறிஞ்சுவதற்கும் சேர்ப்பதற்கும் (அடர்த்தி வேறுபாட்டுக்கு எதிராக) ஆற்றல் தேவைப்படுவதால், ஸ்டீல் செல்கள், புறணி செல்களைவிட, உப்புகளை இழப்பதையே விரும்புகின்றன. காஸ்ப்பரியன் தடிப்புகளால், ஸ்டீலிலிருந்து இவ் உப்புகள் புறணியை அடைய முடியாததால், ஸ்டீல் செல் களிலிருந்து உப்பு ஒரே திசையில் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்து சைலம் குழாய்களைச் சேர்கிறது. நீரும் இந்த ஒரு திசை இடப் பெயர்ச்சியையே தொடர்வதால், மண் கரைசலில் இருந்து நீர் சைலம் குழாயை, வேர்த்தூவி, புறணி ஆகியவற்றைக் கடந்து அடைகிறது.

சைலம் குழாய்களில் உப்புகள் சேர்க்கையடைவதால் ஏற் படும் வேர் அழுத்தம் பல விதமான அம்சங்களால் பாதிக்கப்படு கிறது. இந்த அம்சங்கள் சுவாசித்தலையும் பாதிக்கின்றன. கோஸ் லோவஸ்கி (Kozlowski 1964) கொடுத்துள்ள அம்சங்களாவன: ஆக்ஸிஜன் விசை (oxygen tension), மருந்துப் பொருள்கள், ஆக்ஸின்கள், சுவாசித்தல் தடையூக்கிகள் போன்றவையாகும்.



படம் 35

துண்டிக்கப்பட்ட தாவரத்தில் வேர் அழுத்தத்திலும் கசியும் நீரின் அளவில் ஏற்படும் லய வேறுபாடு (Diurnal fluctuation)

பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் வேர் அழுத்தத்தினல் வெளியே கசியும் நீரின் அளவில் தன்னிச்சையான லய வேறுபாடு (diurnal fluctuation) காணப்படுவதாகக் கண்டு பிடித்துள்ளார்கள் படம் 35-ல் இதைப் பற்றி விளக்கம் காணலாம். தண்டு துண்டிக் கப்பட்ட தக்காளித் தாவரத்தின் வேர்த் தொகுதியை அடர்த்தி வேறுபட்ட பல உப்புக் கரைசல்களில் மூழ்கும்படி வைத்தால் அது கசிதல் மூலம் வெளியேற்றும் நீரின் அளவில் வேறுபாட்டைக் காட்டுகிறது. அடர்த்தி குறைவான உப்புக் கரைசலில் மூழ்கியிருந் தால் குறைந்த அளவு நீர்க்கசிவு ஏற்படுகிறது. லய வேறு பாட்டுக்குக் காரணம் சைலம் திசுவிற்கு உப்பு கடத்தப்படுதலைப் பொறுத்தது. இதன் காரணமாக அதில் உண்டாக்கப்படும் OPயின் அளவும் மாறும்; நீர் உயிர்ப்பு எடுத்தல் மூலம் அவற்றை அடைவதும் மாறுபடும். இந்த நிகழ்ச்சியின் பொழுது எந்தவித ஆற்றலும் நேரடியாக உபயோகப்படுத்தவில்லை என்பதை மீண்டும் இங்குக் குறிப்பிட வேண்டும்.

ஆஸ்மாஸிஸ் இல்லா முறையிலும் நீர் உறிஞ்சப்படலாம். இந் நிகழ்ச்சியின் பொழுது நீர் அடர்த்தி வித்தியாசத்திற்கு எதிராக உறிஞ்சப்படுகிறது. எனவே, இதற்கு ஆற்றல் தேவை. இந்த ஆற்றலை சுவாசித்தல் அளிக்கிறது. இம் முறையில் உள் எடுக்கப்படுவது இன்னும் சந்தேகத்திற்கிடமின்றி நிரூபிக்கப்பட வில்லை.

(d) நீர் உறிஞ்சுதலைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள்
(Factors affecting the absorption of water)

பல விதமான அம்சங்கள் நீர் உறிஞ்சப்படுதலைக் கட்டுப்படுத்தி னலும், மண் அம்சங்கள் (soil factors) தான் மிகவும் முக்கிய மானவை. ஓரளவுக்கு வானிலை அம்சங்களும் நீர் உறிஞ்சுதலை கட்டுப்படுத்தினலும், பொதுவாக மண்தான் வரம்பிடு அம்சமாக (limiting factor) செயல்படுகிறது. மண்ணின் அம்சங்களில் முக்கிய மானவை : மண்வெப்பநிலை, மண் கரைசலின் OP, மண் காற்று, மண்ணில் காணப்படும் நீரின் அளவு போன்றவை.

(i) மண் வெப்பநிலை (soil temperature): மண்ணின் வெப்பநிலை நீர் உறிஞ்சுதலின் அளவில் மிகக் குறிப்பிடத்தக்க பாதித்தலை ஏற்படுத்துகிறது. மிகக் குறைவான வெப்பநிலை நீர் உறிஞ்சுதலைக் குறைக்கிறது என்பது கிட்டத்தட்ட 200 வருடங்களாகக் கூறப் பட்டு வரும் உண்மை எனினும், இதற்கான காரணங்கள் இப்பொழுதுதான் விளக்கப்பட்டு வருகின்றன. குறைந்த வெப்ப நிலையின் தடையூக்கும் விளைவு பல்வேறு விதத்தில் வெளிப்படு

கிறது: (i) நீர் குறைந்த வெப்பநிலையில் அதிக விஸ்கஸ் (Viscous) தன்மையை அடைவதால், அதன் இடப்பெயர்ச்சி வேகம் குறைக் கப்படுகிறது. (ii) புரோட்டோபிளாஸம் குறைவான வெப்பநிலை யில் குறைவான செலுத்து திறனைக் கொண்டுள்ளது. (iii) குறை வான வெப்பநிலையில் வேர் வளர்ச்சி தடைப்படுகிறது. இம் மூன்று விளைவுகள் தனியாக ஏற்படுவதாலோ அல்லது ஒன்றுசேர்வதாலோ நீர் உட்கொள்வதும் குறைவு வெப்பநிலையில் குறைக்கப்படுகிறது.

குறைவு வெப்பநிலையால் நீர் உறிஞ்சுதலில் ஏற்படும் விளை வைப் பின்வருமாறு கண்டறியலாம் என்று டெவ்லின் (Devlin 1969) கூறுகிறார். ஓர் அடுக்கு பொடி ஐஸ் கட்டிகளை ஒரு கோலியஸ் தாவரம் வளரும் தொட்டியின் மண் பரப்பில் வைத்தால், அது வரை நன்றாக வளர்ந்து வந்த தாவரம் சிறிது காலத்திற்குள் வாடி யிருக்கும். மீண்டும் ஐஸ் கட்டிகளை எடுத்து விட்டால், தாவரம் பழைய நிலையை அடைகிறது.

நீர் உறிஞ்சுதலை பாதிக்கும் அளவிற்கு மண் வெப்பநிலை பொதுவாக உயர்வதில்லை. ஆனால், 30—35°Cக்கு உயர்வடையும் பொழுது உறிஞ்சுதல் பெரிதும் தடைபடுகிறது. தக்காளி, சூரிய காந்தி போன்ற தாவரங்களில், 25°Cல் உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல் சிறப் பாக நடைபெறுகிறது என்றும், அதற்குக் குறைந்த அல்லது அதிக அளவில் அது தடைபடுகிறது என்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது (பார்க்க, சுந்தரம், 1970).

(ii) மண்கரைசலின் செறிவு (Concentration of the soil solution) : மண்கரைசலின் DPDக்கும், வேர் செல்களின் DPDக்கும் உள்ள வேறுபாட்டின் காரணமாகத்தான் நீர் உறிஞ்சப்படு கிறது என்று நாம் ஏற்கெனவே அறிந்தோம். எனவே, மண் கரைசலின் அடர்த்தியில் வேறுபாடு ஏற்பட்டால் உறிஞ்சப்படும் நீரின் அளவும் பாதிக்கப்படுகிறது. மண்ணின் DPD வேர் செல் களின் DPDயை விட அதிகமாக இருந்தால், நீர் மண்ணிலிருந்து வேரை அடைவதற்குப் பதிலாக எதிர்த்திசையில் இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. ஒரு நிலத்தாவரங்களில் (ஹெலோஃபைட்களில்), மண் நீரின் உப்பு அடர்த்தி வேரில் உள்ளதைவிடப் பல பங்கு அதிகமாக இருந்தாலும் நீர் உறிஞ்சப்படுதல் பாதிக்கப்படுவ தில்லை. இத்தாவரங்களில், செல்களின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் சாதாரண தாவரங்களில் இருப்பதைவிட மிக அதிகமாக இருக்கிறது.

(iii) மண் காற்று (soil air) : நல்ல காற்றோட்டமுடைய மண்ணிலிருந்து வேர்கள் பொதுவாக மிகவும் வேகமாக நீரினை

உறிஞ்சுகின்றன; காற்றோட்டம் குறைவாக இருப்பின் வேகம் தடைபடுகிறது. காற்றின் அளவினை மண்வகைகள் நிர்ணயம் செய்கின்றன என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம். மணல் மண்ணில் காற்று மிகவும் அதிகமாகவும், களிமண்ணில் மிகவும் குறைவாகவும் இருக்கும். மேலும், களிமண்ணில், மண் துகள்களுக்கிடையே உள்ள துவாரம் சிறிதாக இருப்பதால் நீர் தேக்கப்பட்டு, காற்றின் அளவைப் பெரிதும் குறைக்கிறது.

மிகவும் மோசமான காற்றோட்டமுடைய மண்ணில் ஆக்ஸிஜன் செறிவு கிட்டத்தட்ட பூஜ்ய அளவை அடைகிறது; கார்பன்டை ஆக்ஸைடு 10 சதவிகிதம் வரை அங்கு இருக்கலாம். ஒரு சில சோதனைகள் மூலம், பூஜ்யஅளவு ஆக்ஸிஜன் இருந்தால் நீர் உறிஞ்சுதல் மிகவும் தடைபடுகிறது என்று தெரியவருகிறது; இது கார்பன்டை ஆக்ஸைடு செறிவு அதிகமானால் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளை விட அதிகப்பாதிப்பை உண்டாக்குகிறது என்று சோதனைகள் எடுத்துக் காட்டியுள்ளன. கிட்டத்தட்ட 20 சதவிகித Co_2 வரை தாவரங்கள் தாங்கிக் கொள்கின்றன என்றும், இதுவே 50 சதவிகிதமாக ஏறும் பொழுது நீர் உறிஞ்சுதல் மிகவும் தடைபடுகிறது என்றும் தெரியவருகிறது. இதற்குக் காரணம் Co_2 வேர் செல்களின் செலுத்து திறனைப் பாதித்தல்தான்.

மண் காற்றோட்டத்தைத் தடைசெய்யும் முக்கிய அம்சங்கள் மண்ணின் தன்மையும் அதில் உள்ள நீரின் அளவும்தான் என்று ஏற்கெனவே கூறினோம். மண் நீரினால் முழுவதுமோ அல்லது கிட்டத்தட்ட முழுவதுமோ பூரிதமடையும் பொழுது காற்றோட்டம் மிகவும் குறைக்கப்படுகிறது. இத்தகைய நிலைமைகளிலும் தாவரத்தினால் உறிஞ்சப்படும் நீரின் அளவில் ஏற்படும் குறைவு ஆக்ஸிஜன் பற்றாக்குறையால் தானே தவிர Co_2ன் அதிகத்தினால் அல்ல. ஆக்ஸிஜன் குறைவால் வேர் செல்களின் சுவாசித்தல் தடைபட்டு, இதன் விளைவாக மற்ற வளர்சிதை மாற்றங்களும், வேரின் வளர்ச்சியும் பெரிதும் பாதிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய தொடர்ச்சியான வாழ்வியல் பாதிப்பில் நீர் உறிஞ்சுதல் நிகழ்ச்சியும் ஒன்றாகும். ஒரு சில தாவரங்கள், ஒரு சிறிது காலத்திற்கு, ஆக்ஸிஜன் பற்றாக்குறை இருந்தாலும், காற்றில்லா சுவாசத்தை மேற்கொண்டு ஏற்படும் பாதிப்பை ஓரளவுக்குக் குறைத்துக் கொள்கின்றன.

காற்றோட்டக் குறைவினால் ஏற்படும் விளைவுகளில் ஒன்று ஃபிலாப்பிங் ''flopping'' என்று கூறப்படுகிறது. புகையிலைத் தாவரங்கள் வளரும் இடங்களில் ஒரு பெருமழைக்குப்பிறகு, சூரிய வெளிச்சத்திற்கு அத்தாவரம் உள்ளாகும் பொழுது,

இலைகள் வாடுகின்றன. இதனையே 'fllopping' என்று அழைப்பர். (கிரேமரும் ஜாக்ஸனும் 1954). இதற்குக் காரணம் மண்காற்று வெளியேற்றப்பட்டு அவ்விடத்தை நீர் ஆக்கிரமித்துக் கொள்ளு தல்தான். இதனுடன் (அதிக சூரிய ஒளி இருப்பதால்) நீராவிப் போக்கு அதிக மேற்படுதலும் இந்நிகழ்ச்சிக்குக் காரணமாகிறது.

(iv) மண்ணில் காணப்படும் கிடைக்கக்கூடிய நீரின் அளவு (The amount of available water in the soil) : மண்ணில் காணப்படும் நீரின் அளவும், மண் நீரின் வகைகளும், அவற்றில் தாவரங் களுக்குக் கிடைக்கக் கூடிய வகைகளும் பற்றி விளக்கமாக அடுத்த அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. எனவே, இங்கு இந்த அம்சங்கள் பற்றிச் சுருக்கமாகத்தான் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.

நிலத்தில் உள்ள நீரின் அளவு, இடத்திற்கும் நிலத்தின் தன்மைக்கும், காலத்திற்கும், அதன் மேல் வளரும் தாவரங் களுக்கும் ஏற்ப மாறுபடுகிறது. மிக அதிகமாக மழைபெய்து சிறிதுகாலம் வரையிலும், களிமண்ணிலும் நீர் தேக்கமடைந்து காணப்படுகிறது; இது தாவர வளர்ச்சியைப் பெரிதும் பாதிக் கிறது. அதேசமயம், நிலத்திலிருந்து நீர் நீர்த்தளத்திற்கும் (Water table), மற்றப் பகுதிகளுக்கும் (வழிந்தோடு நிகழ்ச்சியின் காரணமாக run off) கடத்தப்பட்டு, எஞ்சியுள்ள நீரில் பெரும் பகுதி தாவரத்தினால் உறிஞ்சப்பட்ட பின், தாவர வளர்ச்சி பெரிதும் பாதிக்கப்படுகிறது. மண்ணில் எவ்வாறு நீர் சிறிது சிறிதாகக் குறைக்கப்படுகிறது என்பது பற்றிய விளக்கம் அடுத்த அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

(v) வேர்த்தொகுதியின் தன்மைகள் (Characteristics of root system) : தாவரத்திற்கு ஏற்ப நீர்த்தொகுதி காணப்படும் ஆழம், அதன் பரப்புப் போன்ற அம்சங்கள் மாறுபடுகின்றன. இதன் காரணமாகத் தாவரங்களிடையே காணப்படும் நீர் உறிஞ்சு திறனிலும் வேறுபாடு காணப்பட வாய்ப்பிருக்கிறது.

ஏற்கெனவே கூறியபடி வேரின் பாகங்களில், வேர்த்தூவிகள் மூலம்தான் பெரும்பாலான நீர் உறிஞ்சப்படுகிறது. இவ்வேர்த் தூவிகளின் எண்ணிக்கையும், அவை ஆக்ரமிக்கும் மண் பரப்பும், அவை வாழும் காலமும் நீர் உறிஞ்சுதலைப் பெரிதும் பாதிக் கின்றன. இந்தத் தூவிகள் மெல்லிய உறைகளுடனேயே அழிந்து விடலாம்; அல்லது சூபரின், லிக்னின் போன்ற பொருள்களைப் பெற்றுப் பல காலம் உயிர் வாழலாம், இரண்டாவது வகையில் வேர்த்தூவிகள் தம் உறிஞ்சும் திறனை இழந்து விடுகின்றன என்று

கூறப்படுகிறது. ஒரு சில தாவரங்களில் சூபரின் படலத்தின் மூலமும் நீர் உறிஞ்சப் படலாம் என்று கிரேமர் (Kramer 1956) கூறுகிறார். அவர் கூற்றுப்படி, பெரிய மரங்களில் ஒரு சில வேர்கள்தான் சூபரின் படிதலைத் தடுக்கின்றன என்றும், அம்மரங்களின் நீர்த்தேவையை மேற்கூறிய வேர்கள் மட்டும் ஈடு செய்ய முடியாது என்றும், பெரும்பாலான நீர் சூபரின் படலம் பெற்ற வேர்கள் மூலம்தான் நுழைகின்றன என்றும் தெரியவருகிறது. எனவே சூபரின்படிதல் நீர் உறிஞ்சுதலைப் பாதிக்கிறது என்ற கூற்றைச் சற்றுத் தயக்கத்துடன் தான் மனத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

அட்டோம்ஸ் (Addoms 1946) ஆராய்ச்சிகளின் படி லிரியோடெண்ட்ரான் சிற்றினங்களிலும் (Liriodendron species) பைனஸ், எக்கைனேட்டாவிலும் (pinus Echinata) மஞ்சள் நிறமான சூபரின் படிந்த வேர்கள் சாயக்கரைசல்களை உறிஞ்சும் திறமை பெற்றுள்ளன என்று தெரியவருகிறது.

வேர்த்தூவிகளைத் தவிர, முதிர்ந்த வேர்களில் காணப்படும் பட்டைத்துளைகள் (lenticels) பக்கவேர்கள் கிளம்பும் இடத்தில் உள்ள பிளவுகள், காயப்பகுதிகள் (wonds) ஆகியவற்றின் மூலமும் நீர் தாவரத்தை அடைகின்றது.

(e) தரைமேல் தாவர பாகங்களால் நீர் உறிஞ்சப்படுதல் (Absorption of water by aerial plant parts):

நீர் ஓரளவுக்குத் தரைமேல் உறுப்புகளான தண்டு, இலைகள் போன்றவற்றால் உறிஞ்சப்படலாம் என்று தெரியவருகிறது. இந் நீர் திரவ வடிவத்திலோ அல்லது வாயு (நீராவி) வடிவத்திலோ நுழையலாம். இந் நிகழ்ச்சி பற்றி ஜெஸ்னெர் (Gessner 1956) என்பவர் விளக்கமாகக் கூறியுள்ளார். இந் நிகழ்ச்சியின் அளவு, தண்டு இலை செல்களின் DPDயையும், அவற்றின் கூட்டிக்கிள் படலத்தின் செலுத்து திறனையும் பொறுத்தது என்று அவர் கூறுகிறார். கூட்டின் அடுக்கில், கூட்டின் பொருள் புறத்தோல் செல்களின் வெளி உறைக்கு இணையாக அடுக்குகளில் காணப்படுகிறது. இவற்றிற்கு இணையாக நீர் உறிஞ்சு பண்புடைய பெக்டின் அடுக்குகளும் காணப்படுவதால் எளிதாக வெளியிலிருந்து நீர் உறிஞ்சப்படுகிறது,

பெரும்பாலோர் கருத்துப்படி, இலைகளால் உறிஞ்சப்பட்ட நீர் "எதிர்மறை"த் திசையில் ("Negative direction) கடத்தப்படுகிறது என்றும், சிலசமயம் இது வேர்வரை சென்று அங்கிருந்து

பண்ணையும் அடைகிறது என்றும் தெரிய வருகிறது (Breazeale etal 1950, 1951).

II. சாறேற்றம் (Ascent of sap)

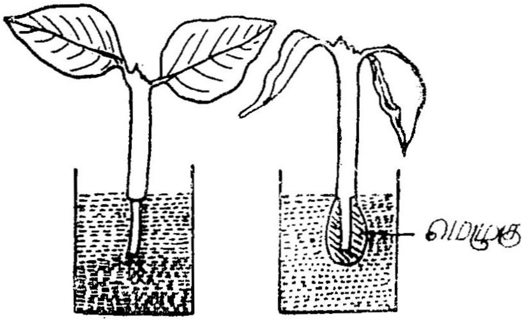
வேர்கள் மூலம் உறிஞ்சப்பட்ட நீர் படிப்படியாகக் கடைசியில் இலையை அடைவது சாறேற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சியைப் பற்றி விவரிக்கும் பொழுது இரண்டு முக்கிய பிரச் சினைகள் தீர்க்கப்படவேண்டும். (i) எத்திசுவின் மூலமாக நீர் கடத்தப்படுகிறது? அதற்கான ஆதாரங்கள் யாவை? (ii) நீர் ஏற்றத்தில் எந்தச் செயல்முறை (Mechanism) காணப்படுகிறது? அதற்கான சான்றுகள் யாவை? இரண்டையும் பற்றித் தனித் தனியாகக் காண்போம்.

(i) நீர் கடத்தும் திசு (Tissue that conducts water) : நீர் உறிஞ்சப்படும் வேர்ப் பகுதியிலிருந்து அது நீராவிப் போக்கினல் இழக்கப்படும் இலைப்பரப்பு வரை தொடர்ச்சியாக உள்ள திசு வாஸ் குலார் திசுவான சைலமும், புளோயமும் தான். எனவே இந்த இரண்டில் ஒன்றுதான் நீரினைக் கடத்தவேண்டும். இதனை நிரூபிப் பதற்கான ஆதாரங்கள் ஒன்றிரண்டு கூறப்பட்டுள்ளன. அவற்றைப் பற்றிப் பார்ப்போம்.

மிகவும் மெல்லிய தண்டுப் பகுதியைக் கொண்ட காசித் தும்பை போன்ற செடியை எடுத்துக் கொண்டு அதன் வேர்த் தொகுதியைச் சாயக்கரைசலில் (உதாரணமாக இயோசினில்) மூழ்கடிக்குமாறு வைக்கவேண்டும். சிறிது நேரம் கழித்துப் பார்த்தால் தண்டு, இலை, பூவிதழ்கள் ஆகிய பகுதிகளின் வாஸ்குலார்ப் பகுதிகள் சிவப்பு நிறத்தைப் பெற்றிருக்கும். பின்பு இத் தண்டின் குறுக்கு வெட்டு எடுத்து ஆராய்ந்தால், வாஸ்குலார்க் கற்றையின் சைலம் திசு மட்டும் சிவப்பு நிறமடைந் திருப்பதைப் பார்க்கலாம். இதனால் நீர் சைலத்தின் மூலம் கடத்தப்படுகிறது என்று தெரிகிறது.

இன்னொரு வகையான சோதனை மூலமும் சைலம்தான் நீரைக் கடத்துகின்றது என்று அறியலாம். இதனை வளையச் சோதனைகள் (Ringing experiments) என்றழைப்பர். இதே சோதனைகளை வைத்துக் கொண்டு புளோயம் திசுதான் உணவுப் பொருள்களைக் கடத்துகிறது என்றும் தெரிந்து கொள்ளலாம். இச்சோதனையில் தண்டின் ஒரு சிறு தொடர்ச்சியான திசுப்பகுதி எடுக்கப்படுகிறது. சைலம் திசு நீரைக் கடத்துகிறது என்பதை நிரூபிக்க வேண்டு மென்றால் தண்டின் சைலம் திசுத் தொடர்பைப் பிரிக்கும் அளவில் ஒரு சிறிது சைலப் பகுதியை எடுத்துவிட வேண்டும். புளோயம் திசு பற்றிச் சோதனை நடத்தவேண்டும் என்றால் ஒருசிறிது

தூரத்திற்குத் தண்டின் பட்டையை எடுத்துவிட வேண்டும். இரண்டு வகைத் திசுக்களிலும் புளோய ஆராய்ச்சி சற்று எளிது. ஸைலம் பகுதியை நீக்கிவிட்டுச் சோதனை செய்வதற்குப் பதிலாக, அத் திசுப் பகுதியை உருகிய மெழுகில் ஒருசிறிது நேரம் வைத்து, அதன்மேல் மெழுகு ஒட்டிக்கொள்ளும் வரை காத்திருந்து, பிறகு அக் கொப்பை (twig) நீரில் வைத்துச் சோதனை நடத்தலாம். எப்படிச் செய்த போதிலும் ஸைலம் அடைக்கப்பட்ட அல்லது எடுக்கப்பட்ட பகுதிக்கு மேல் உள்ள இலைகள் வாடுகின்றன. இதிலிருந்து அப்பகுதிகளுக்கு நீர் செல்வதில்லை என்றும், நீர் ஸைலம் மூலம்தான் கடத்தப்படுகிறது என்றும் தெரியவருகிறது.



படம் 36

ஆவியாதலும் இழுவிசையும் (சுந்தரம் புத்தகத்திலிருந்து)

(ii) சாறேற்றச் செயல்முறையை விளக்கும் கோட்பாடுகள் (Theories on the mechanism of ascent of sap): தாவரத்தில் எவ்வாறு சாறேற்றம் நடைபெறுகிறது என்பதை விளக்கப் பல விதமான செயல்முறை விளக்கக் கோட்பாடுகள் கூறப்பட்டுள்ளன. எனினும் இந் நிகழ்ச்சியில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட செயல்முறைகள் நிச்சயம் பங்கு பெறுகின்றன. இதுவரை கூறப்பட்டுவந்துள்ள கோட்பாடுகளை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். (a) ஜீவிதக் கோட்பாடுகள் (Vitalistic theories) (b) பௌதீகக் கோட்பாடுகள் (Physical theories).

(a) ஜீவிதக் கோட்பாடுகள் : நீரினைக் கடத்தும் ஸைலம் வெஸல்களும், டிரக்கீடுகளும் உயிரற்றவைகளாக இருப்பினும், அவை உயிருள்ள செல்களுடன் நெருக்கமான தொடர்பு கொண்டுள்ளன (ஸைலம் பாரங்கைமா, ரேபாரங்கைமா). இதன் காரணமாக நீரின் மேல்நோக்கிய கடத்தல் நிகழ்ச்சியை இந்த உயிருள்ள செல்கள் கட்டுப்படுத்தலாம் என்று அப்பொழுதுக்கப்பொழுது

பலரால் கூறப்பட்டு வந்துள்ளது. இக் கொள்கையை ஜீவிதக் கோட்பாடு என்பர்.

கோட்லிவ்ஸ்கி (Godlewski), போஸ் (Bose) போன்றவர்கள் ஜீவிதக் கோட்பாட்டிற்கான சான்றுகளைக் கொடுத்துள்ளனர். சைலத்தை ஒட்டி உள்ள பாரங்கைமா செல்களில் ஏற்படும் ஆஸ்மாடிக் அழுத்த வேறுபாடுகளால் நீர் இந்த செல்களுக்கும், சைலத்திற்கும் இடையே இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. இந்த செல்கள் உயிருள்ள "பம்புகள்" (Pupms) போலச் செயல்பட்டு நீரினை சைலத்திற்குள் செலுத்தி, மேல் நோக்கிக் கடத்த வைக்கின்றன. போஸ் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் மூலம் எண்டோடெர்மிஸை அடுத்துக் காணப்படும் புறணி அடுக்கில் உள்ள செல்கள் நீர் கடத்தப்படும்பொழுது விரிந்து சுருங்கி ஒருவிதமான உயிர்த் துடிப்பைக் காட்டுகின்றன என்று தெரிய வருகிறது; இந்த செல்கள் சாறேற்றத்தில் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது என்று போஸ் கருதினார்.

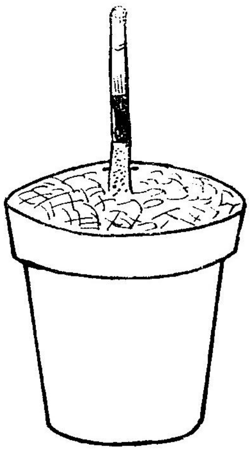
இக் கொள்கைக்கு ஆதரவான சான்றுகள் மிகவும் குறைவு. ஆனால், இதற்கு எதிரான சான்றுகள் பல கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பலவிதமான சோதனைகள் மூலம் சாறேற்றத்திற்குக் காரணமான செயல்முறை ஜீவிதக் கோட்பாட்டுடன் தொடர்பில்லாமலேயே நடைபெறுகிறது என்பதை நிரூபித்துள்ளன. ஒரு விதமான சோதனையில் 75 வயதும் 22 மீட்டர் உயரமும் கொண்ட ஒரு ஓக் (oak) தாவரத்தின் தண்டுப்பகுதி தரைக்கு அருகாமையில் வெட்டப்பட்டு, வெட்டப்பட்டமுனை பிக்ரிக் அமில (picric acid) கரைசலில் வைக்கப்பட்டது. இது உயிருள்ள செல்களை அழித்துவிடக்கூடிய தன்மையுடையது. இதனுடன் சேர்க்கப்பட்ட இயோசின் போன்ற சாயப் பொருள்கள் மூன்று நாள்களுக்குள் மரத்தின் இலைப்பகுதிகளுக்குள் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்தன. இந்த இடப்பெயர்ச்சி பிக்ரிக் அமிலத்தால் இறந்த திசுக்கள் மூலம்தான் ஏற்பட்டது. இதே போன்று 90°C க்கு மேல் உள்ள வெப்பநிலையில் இறந்துபட்ட தண்டு மூலமும் இடப்பெயர்ச்சி அடைவது நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, உயிருள்ள செல்கள் நீர் இடப்பெயர்ச்சியை முழுதும் கட்டுப்படுத்துவதில்லை; சாறேற்றத்தில் அவை பங்கேற்பதில்லை என்று தெரியவருகிறது.

(b) பௌதிகக் கோட்பாடுகள்

(1) வேர் அழுத்தக் கோட்பாடு (root presure theory)

நீர் உறிஞ்சப்படுவதிலும், சாறேற்றத்திலும் பெரும்பங்கு வகிப்பதாகக் கூறப்படும் விசைகளில் ஒன்று வேர் அழுத்த விசை

யாகும். வேர் அழுத்தத்தைக் கீழ்க்கண்ட சோதனையால் எளிதாகக் காட்டலாம். நன்றாக நீர் ஊற்றப்பட்டு வளர்க்கப் படும் தக்காளி போன்ற தாவரத்தின் தண்டுப்பகுதியைத் தரை மட்டத்திற்குச் சற்று மேலே வெட்டிவிட்டு, வெட்டப் பட்ட பகுதியின் (தொட்டியுடன் இருக் கும் பகுதியின்) முனை ஒரு இரப்பர்க் குழா யால் ஒரு கண்ணாடி மோனுமீட்டருடன் இணைக்கப்பட வேண்டும். அல்லது இரப்பர்க் குழாயை நீர் கொண்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயுடன் இணைக்கலாம் (படம் 37). இந்த நீரின் மட்டத்தை (level) குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். சற்று நேரம் கழித்துப்பார்த்தால் குழா யில் உள்ள நீர் மட்டம் மெதுவாக ஏற ஆரம்பிக்கும். இந்த ஏற்றத்திற்குக் காரணம் வேர் அழுத்தம்தான். நீர் மட்டம் ஏறுவதற்குக் காரணம் துண்டிக்கப்பட்ட தண்டுப்பகுதியின் வழியாக நீர் கண்ணாடிக் குழாயை அடைவதுதான். துண்டிக்கப்பட்ட தண்டுப்பகுதியின் வழியாக வெளிவரும் நீரின் அளவு பொதுவாக வெப்பமதிக நிலையில் அதிகமாக இருக்கும். பல தாவரங்களின் நீர்க்கசிவுக்கு (bleeding) இந்நிகழ்ச்சிதான் காரணம்.



படம் 37
வேர் அழுத்தம்

வேர் அழுத்தம் பொதுவாக இரவு, பகல்களுக்கு ஏற்ப லய வேறுபாட்டைக் (diurnal periodicity) காட்டுகிறது. பகல் நேரத்தில் அதிகமாகவும், இரவில் குறைந்தும் காணப்படுகிறது. ஏற்கெனவே கூறியபடி இச்சோதனையில் பாதரஸ மோனுமீட்டரை இணைத்தால் வேர் அழுத்தத்தின் அளவினைக் கணக்கிடலாம். தாவரங்களுக்கு ஏற்பவும், மண்நிலைமைக்கு ஏற்பவும், வெப்ப நிலைக்கு ஏற்பவும், வேறுபல அம்சங்களுக் கேற்பவும் வேர் அழுத்தத்தில் வேறுபாடு காணப்படுகிறது. எனினும் 2 அட்மாஸ்பியருக்கு மேலே அவ்வழுத்த அளவு காணப்படுவதில்லை [வைட் (white 1938) 6 அட்மாஸ்பியர் அளவு வேறு அழுத்தம் இருப்பதாகக் கூறுவது சந்தேகத்திற்குரியது.]

ஒரு சில தாவரங்களில் வேர் அழுத்த நிகழ்ச்சியைச் சோதனை மூலம் நிரூபிக்க முடிவதில்லை. எனினும் இவற்றில் வேர் அழுத்தம் காணப்படுவதில்லை என்றும் கூறமுடியாது. மேலும் சில தாவரங் களில் வேர் அழுத்தத்திற்கும், துண்டிக்கப்பட்ட பகுதியில் இருந்து வெளியேறும் நீரின் அளவிற்கும் எந்தவிதத் தொடர்பும்

இருப்பதாகத் தெரியவில்லை; ஏனெனில் வேர் அழுத்தம் கண்டு பிடிக்காமல் இருக்கும் நிலையிலும் (absence of demonstrable root pressure) தொடர்ந்து துண்டிக்கப்பட்ட பகுதியில் இருந்து நீர் கசிகிறது.

வேர் அழுத்தம் காணப்படுவதற்குக் காரணம் பெரும்பாலும் மண்ணிலிருந்து கனிம உப்புகள் உறிஞ்சப்படுவதும், அவை சைலம் திசுவை அடைவதும்தான். இதைப்பற்றி ஓரளவுக்கு முன்னரே அறிந்தோம். சைலம் திசுவை உப்புகள் அடைவதால் அவற்றின் OP அதிகமாகிறது; இதன் விளைவாக நீர் மண்ணி லிருந்து சைலம் திசுவை அடைகிறது. ஏற்கெனவே கூறியபடி, உப்புகள் உறிஞ்சப்படுவது வளர்சிதை மாற்றத்தால்தான்; இந் நிகழ்ச்சிக்கு ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. எனவே, வேர் அழுத்தமும் ஓர் உயிர்ப்பு நிகழ்ச்சி (active process) என்று கொள்ளவேண்டும்.

அதிக ஆஸ்மாடிக் செயல் வாய்ந்த கரைசல்களின் தாவரங் களின் வேர்களை மூழ்கடித்தால், ஒருசிறிது காலத்திற்காவது, வேர் அழுத்தத்தை நிறுத்தலாம். எனினும் வேர் அழுத்தத்தினுல் ஏற்படும் கசிவை நிறுத்தவேண்டும் என்றால் கரைசலின் OP கசிவுச் சாற்றின் OP யை விடச் சற்று அதிகமாக இருக்க வேண்டும். இதனை விளக்குவதற்கு இரண்டு முறைகளில் முயற்சி செய்யலாம். ஒன்று, சைலத்தினுல் உறிஞ்சப்பட்ட உப்புகளில் ஒரு சிறிதாவது, மற்றப் பாகங்களை, கசிவதற்கு முன் அடைந்து விடுவதால் இருக்கலாம்; இரண்டு, உப்புகள் சைலத்தை அடைவதினுல் ஏற்படும் உயிர்ப்பு உள்ளெடுப்பைத் தவிரவோ அதன் கூடவோ, வேறொரு முறையிலும் நீர் வளர் சிதை மாற்ற விளைவுகளால் மண்ணிலிருந்து சைலத்தை அடைய வேண்டும். இரண்டுமே சரியான ஊகங்கள்தானு என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை.

ஒரு சில ஆராய்ச்சியாளர்கள் நீர் வேரிலிருந்து தண்டுக்கு இடப்பெயர்ச்சி அடைவது முக்கியமாக வேர் அழுத்தத்தால்தான் என்று கருதுகின்றனர். இது காரணமாக இருக்க முடியாது என்பதற்குப் பல சான்றுகள் இருக்கின்றன. (i) வேர் அழுத்த அளவு 2 அட்மாஸ்பியர்களுக்கு மேல் எப்பொழுதும் ஏறுவதில்லை என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம். இது 20 அடி உயர அளவிற்குப் நீரினை ஏற்றுவதற்கு போதாது. கிட்டத்தட்ட 400 அடி உயரம் உள்ள ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பர்ம் (gymnosperm) தாவரங்களில் நீர் ஏற்றுவதற்குக் கிட்டதட்ட 50 அட்மாஸ் பியர்களாவது தேவை (ii) ஏற்கெனவே கூறியபடி ஒரு சில தாவரங்களில் வேர் அழுத்தம்

இருப்பதற்கு எந்தவித ஆதாரமும் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. இந்தத் தாவரங்களிலும் சாறேற்றமும் இருக்கிறது. (iii) வேர் அழுத்தம் கொண்ட தாவரங்களிலும் அது எப்பொழுதும் ஒரே சீராக இருப்பதில்லை. (iv) வேர் அழுத்தத்தால் ஏற்படும் கசிவின் வேகம் பொதுவாகச் சாதாரண நீராவிப் போக்கின் வேகத்தைவிட மிகக்குறைவு. (v) நீரினைக் கடத்தும் சைலத்தின் உள்ளே பொதுவாக சாறு இழு விசையில் (tension) இருக்கிறதே தவிர அழுத்தத்தில் (pressure) அல்ல. இதிலிருந்து நீர் கடத்தப் படுவதற்கு வேர் அழுத்தம் தேவை இல்லை எனலாம்.

ஒன்று மட்டும் இங்குக் குறிப்பிடவேண்டும். நீராவிப் போக்கு குறைவாக இருக்கும் சமயங்களில் (முக்கியமாக இரவு களில்) வேர் அழுத்தத்தின் விளைவாக ஓரளவுக்கு நீர் இடப் பெயர்ச்சி அடையலாம். இதனை நீர்க்கசிவு (guttation) நிகழ்ச்சி எடுத்துச் காட்டுகிறது.

(2) நுண்துளை ஆற்றல் அல்லது தந்துகிக் கவர்ச்சிக் கோட்பாடு (capillarity)

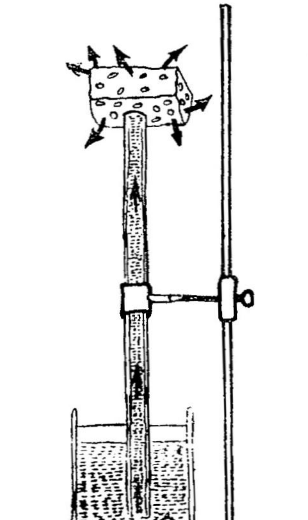
சைலம் செல் உறைகளில் உண்டாகும் நுண்துளை ஆற்றல் அல்லது தந்துகிக் கவர்ச்சி சாறேற்றத்தில் பங்கெதுவும் வகிக்கிறதா என்பது சர்ச்சைக்குரிய ஒன்றாகும். இந்த விசையின் அளவு கிட்டத்தட்ட 1000 அட்மாஸ்பியர்கள் வரை இருந்தாலும், நீர்ப்பாதையில் ஏற்படும் தடங்கல்கள் இந்த விசையால் ஏற்படும் சாறேற்றத்தைப் பெரிதும் பாதிக்கும்; ஒரு சிறிது நீர்தான் ஒரே சயத்தில் கடக்கமுடியும். செல் உறையின் மூலம், நுண்துளை ஆற்றல் நீர் ஏதாவது கடத்தப் படுமேயானல் அதன் அளவு தாவரத்தின் தேவையை எட்டவே எட்டாது. மண்ணிலும் இந்நிகழ்ச்சி மூலம் இடப்பெயர்ச்சி அடையும் நீர் மிகமிகக் குறைவு (அடுத்த அத்தியாயத்தைப் பார்க்க). மேலும், பெரும்பாலான நீர் சைலத்தின் உள்வெளி (lumen) மூலம்தான் இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது என்பதும் இக் கோட்பாட்டை ஆதரிக்கவில்லை. உதாரணமாக, குழாய்களின் உள்வெளியை மெழுகு போன்றவற்றல் அடைத்துவிட்டால், அத்தாவரத்தின் இலைகள் சீக்கிரத்தில் வாடுகின்றன. உறைகள் மூலம், நுண்துளை ஆற்றல் சாறேற்றத்தில் பங்கு கொண்டால், வாடுதல் உண்டாகக் கூடாது. சைலம் குழாய்களின் உள்வெளி களில் நுண்துளை ஆற்றல் மூலம் சாறு ஏறலாம் என்று ஒரு சிலர் கருதுகிறார்கள். ஆனல், இருப்பதிலேயே மிகக்குறுகிய டிரக்கீடு கூட அதிகபட்சம் 5 அடி உயரத்திற்குதான் நீரினை ஏற்றமுடியும்.

(3) உள்ளீர்த்தல் கோட்பாடு (Imbition) theory)

மேலே விளக்கப்பட்ட கொள்கை போலவே இங்கும் சைலம் குழாய்களின் உறைகள் வழியாக உள்ளீர்த்தல் நிகழ்ச்சி மூலம் நீர் ஏற்றப்படலம் என்று சாச்ஸ் (Sachs) போன்றவர்கள் கருதினர்கள். மேலே கூறப்பட்ட கோட்பாட்டுக்கு எதிரான சான்றுகள் இதற்கும் தகும்.

(4) கூட்டிணைவுக் கோட்பாடு (cohesion theory)

ஆஸ்கெனஸ் (askenasy), டிக்ஸன் (dixon), ஜோலி (joly) போன்றவர்கள் இக் கொள்கையை உருவாக்கியவர்களில் முக்கியமானவர்கள் ஆவார்கள். கூட்டு இணைவு என்றால் என்ன என்றும் அதனைப் பற்றிய (water relations) முதல் அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இப்பண்பு சாறேற்றத்தில் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. இது எவ்வாறு என்று கீழே பார்க்கலாம்.



படம் 38
கூட்டிணைவுக் கொள்கையை விளக்கும் சோதனை (விளக்கம் உரையில்)

ஒரு மெல்லிய, இருபக்கமும் திறந்த கண்ணாடிக் குழாயை எடுத்துக் கொண்டு அதை நீரால் நிரப்ப வேண்டும்; நீரின் நடுவே காற்றுக் குமிழிகள் உண்டாகாதவாறு பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும். ஏனெனில் இவை நீரின் தொடர்ச்சியைத் தடை செய்கிறது. நீர் நிரப்பிய இக் கண்ணாடிக் குழாயின் ஒரு முனையை நீர் நிரப்பப் பட்ட பீக்கரில் செருக வேண்டும். இன்னொரு முனையின்மேல் நீரில் நனைத்த பஞ்சினை (Sponge) வைக்க வேண்டும். இவ்வமைப்பின் மூலம் பஞ்சு நீருக்கும் குழாய் நீருக்கும் இடையே தொடர்ச்சியான நீர்த் தம்பமும் (Water column), குழாய் நீருக்கும் பீக்கர் நீருக்கும் இடையே தொடர்ச்சியான நீர்த் தம்பமும் உண்டாகின்றன. அதாவது பீக்கரிலிருந்து பஞ்சுவரை நீர் தன் தொடர்ச்சியை இழப்பதில்லை. இவ்வமைப்பைச் சிறிது நேரம் கழித்துப் பார்த்தால் பீக்கர் நீர் மெதுவாக குழாய்க்குள் ஏறுவது தெளிவாகத் தெரியும். இந் நிகழ்ச்சி யின்வேகத்தை, ஒரு மின்சார விசிறியின் மூலம் பஞ்சுக்

கருகாமையில் உள்ள வறட்சியான காற்றை நீக்கிக் கொண்டே, இருந்தால், அதிகரிக்கலாம்; அல்லது பஞ்சுக்கருகாமையில் வெப்ப நிலையை அதிகரித்தாலும் நீர் மேலேறும் வேகம் அதிகமாகிறது. நீர் எந்த வேகத்திலும், அளவிலும் மேலேறுகிறது என்பது, பஞ்சிலிருந்து நீர் எவ்வளவு வேகத்தில் ஆவியாகிறது என்பதைப் பொறுத்தது. பஞ்சிலிருந்து நீர் ஆவியாக, ஆவியாக அந் நீர் பீக்கரிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

பஞ்சுக்குப் பதிலாக குழாயின் இன்னொரு முனையில் ஒரு சிறிய ரப்பர்க் குழாயைச் செருகி அதன் மூலம் ஓர் இலைக் கொப்பின் தண்டைச் செருகவேண்டும். இந்த அமைப்பிலும் சிறிது நேரங் கழித்துக் கண்ணாடிக் குழாயில் நீர் ஏற ஆரம்பிக்கும். எனவே, பஞ்சினை இலையால் மாற்றலாம். பஞ்சிலிருந்து நீர் ஆவியாகிறது; இலையிலிருந்து நீராவிப் போக்குமூலம் நீர் வெளியேறுகிறது.

இந்த இரண்டு சோதனைகளாலும் தெளிவாகும் முக்கிய உண்மை என்னவென்றால், நீரின் மூலக்கூறுகளுக்கு இடையில் கூட்டிணைவும், நீரின் மூலக்கூறுக்கும் கண்ணாடிக் குழாயின் மூலக் கூறுக்கும் ஒட்டிணைவும் இருப்பதால்தான் தொடர்ச்சியாக நீர் மேலேற்றப்படுகிறது. இந்தக் கூட்டிணைவு, ஒட்டிணைவு விசைகள் புவிஈர்ப்பு விசையால் மறைக்கப்பட்டால் நீர்த் தம்பத்தின் தொடர்ச்சி விடுபட்டு நீர் மேலேறுவது தடைபடும்.

இந்தச் சோதனை அமைப்பை ஓர் உயிருள்ள தாவரத்தின் நிலையோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம். பீக்கர் நீரை மண்ணில் உள்ள நீரோடு ஒப்பிடலாம். கண்ணாடிக் குழாயைத் தாவரத்தின் தொடர்ச்சியான சைலம் வெஸல்களுடனும், டிரக்கீடுகளுடனும் ஒப்பிடலாம். பஞ்சினை இலைகளுடன் ஒப்பிடலாம். இலையிலிருந்து மண் வரை நீர் தொடர்ச்சியான தம்பத்தைக் கொண்டிருக்கிறது என்று ஊகித்துக் கொண்டால் எவ்வாறு சாறு தாவரத்தினுள் ஏறுகிறது என்றறியலாம். இலையின் பரப்பிலிருந்து நீர் ஆவியாகும் பொழுது தொடர்ச்சியாக இழக்கப்பட்ட நீர் மண்ணிலிருந்து ஈடு செய்யப்படுகிறது; இந்தத் தொடர்ச்சியான நீர் ஓட்டத்தை நீராவிப் போக்கு நீர் ஓட்டம் (Trarspiration stream) என்று அழைப்பர். தொடர்ச்சியான நீராவிப் போக்கு நீர் ஓட்டம் இருப்பதற்கு நீரின் ஒட்டிணைவும், கூட்டிணைவும் பெரிதும் உதவுகின்றன.

(a) நீராவிப்போக்கு நீர் ஓட்டம் (Transpiration stream)

(அ) பொதுவான உண்மைகள்: *நீராவிப்போக்கு நீர் ஓட்டம் இலையின் மீஸோஃபில் செல்களில் ஆரம்பமாகிறது. ஏனெனில்*

இவற்றின் பரப்பில்தான் நீர் ஆவியாகிறது. இந்த மீஸோஃபில் ஸெல்களின் உறைகள் நீரினால் பூரிதமடைந்திருக்கின்றன. உறைகள் நீரை இழக்கும்பொழுது உள்ளீர்த்தல், நுண்துளைக் கவர்ச்சி போன்ற பலவிசைகளின் உதவியால் நீர்த் தொடர்ச்சி பாதிக்கப்படாமல் இருக்கிறது. நீராவிப் போக்கு நடைபெறும் பொழுது அந்த மீஸோஃபில் ஸெல்லின் உறையின் ஊடே இடப் பெயர்ச்சி அடைந்து, அந்த ஸெல்லின் வாக்வோல் சாற்றில் DPD அதிகமாக ஏதுவாகிறது. இலையின் பல்வேறு ஸெல்களில் இதன் விளைவாக ஏற்படும் DPD வித்தியாசம் (Gradient), இலையின் ஸைலத்திலிருந்து நீர் ஆவியாகும் பரப்பை அடைவதை ஊக்குவிக்கிறது.

இலையின் ஆவியாகும் பரப்பிற்கும், ஸைலம் குழாய்க்கும் இடையே மூன்று அல்லது நான்கு ஸெல்களுக்குமேல் இல்லாமல் இருப்பதால் DPD வித்தியாசத்தைத் தவிர நுண்துளை ஆற்றல், உள்ளீர்த்தல், பிளாஸ்மோ டெஸ்மாக்கள் மூலமும் நீர் இடப் பெயர்ச்சியடையலாம் என்று நம்பப்படுகிறது. ஆனால், இவை எந்த அளவுக்கு ஏற்படுகிறது என்று தெளிவாகத் தெரியவில்லை. இலையின் மிகச் சிறிய நரம்புகளில் நீர் குறையும்பொழுது இலையின் மைய நரம்புகள், தண்டு ஸைலம், வேர் ஸைலம் வேர்த்தூவி ஊடே மண்ணிலிருந்து நீர் ஏற்றப்படுகிறது.

நீரினை மேல் நோக்கி இழுக்கும் விசைகள் அவற்றிற்கு எதிரான விசைகளால் எதிர்க்கப்படுகின்றன. இவற்றில் முக்கியமானவை, நீர்த் தம்பத்தில் உள்ள நீரின் எடை, நீரினைச் செலுத்தும் குழாய்களின் உறைகள் உண்டாக்கும் பிடிப்புத் தடைகள் (Frictional resistance), வேர்த் திசுக்களின் தடை, மண் துகள்களின் தடை போன்றவையாகும். மேற்கூறிய தடைகளையும் அவற்றின் விசைகளையும் விட இலைகளை நோக்கி நீரினைச் இழுக்கும் விசைகள் அதிகமாக இருக்கும்வரை இந்த நீரோட்டம் தடையில்லாமல் இருக்கும். இதன் விளைவு ஸைலம் குழாய்களின் மூலம் ஒருவித விசையுடன் (tension) நீர் மேலே ஏறுகிறது. இந்த விசை(tension) ஸைலம் தொகுதி முழுவதும் பரப்பப்படுகிறது. இந்த விசை மேற்கூறியபடி, ஸைலத்தில் நீர் இலை நோக்கிச் செல்லும் விசைக்கும் அதற்கு எதிராக ஸைலத்தில் தோன்றும் விசைக்கும் இடையே உள்ள ஈவு என்றுகூட கொள்ளலாம்.

(ஆ) மிக உயரமான தாவரங்களின் பிரச்சினைகள் (The problems of tall plants)

உயரமான மரங்களில், நீர்த் தம்பங்கள் மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும்; ஏனெனில் நீர் மிகுந்த விசையுடனும் பல எதிரான விசைகளைச் சமாளித்துக் கொண்டும் செல்லவேண்டும்.

இன்று உலகத்தில் உள்ள மிக உயரமான தாவரங்கள் கலிபோர்னியா நாட்டு சிக்கோயா (Sequoia) சிக்கோயா டெண்ட்ரான் (Sequoiadendron) ஆஸ்ரேலியா நாட்டு யூகலிப்ட்ஸ் ரெக்னன்ஸ் (Eucalyptus regnans) போன்றவையாகும். இவற்றில் மிக உயரமான மரம் 368 அடி உயரம் உள்ளதாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. பைன்களும் (Pines) எல்ம்களும் (Elms) 150 அடி உயரம் வரை வளர்கின்றன. 400 அடி உயர நீர்த் தம்பத்தை ஆதரிக்கக் கிட்டத்தட்ட (400—34)/34 அட்மாஸ்பியர் அளவு விசை தேவைப்படுகிறது (இது 34 foot head அளவு நீருக்குச் சமம்). இதனுடன் நீர் செலுத்து திசுவான சைலம் கொடுக்கும் பிடிப்புத் தடை (Frictional resistance) விசையையும் சேர்த்துக் கொள்ள வேண்டும். மிகவும் நன்றாக நீராவிப்போக்கு நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் ஒரு டேக்ஸஸ் (Taxus) தாவரத்தில் இந்த பிடிப்புத் தடை விசை, நீர்த் தம்பத்தை (அசையாமல் இருந்தால் ஆதரிக்கத் தேவையான விசைக்குச் சமம் என்று டிக்ஸன் (Dixon) கூறுகிறார். இது எல்லாத் தாவரங்களுக்கும் உரித்தானதல்ல. சமீப கால ஆராய்ச்சியின் விளைவாக, பல தாவரங்களில் இந்த விசையின் அளவு நீர்த் தம்பத்தை ஆதரிக்கத் தேவையான விசையின் அளவினை எட்டுவதில்லை என்று தெரியவருகிறது. எனினும், டிக்ஸனின் கணக்கு ஒரு 400 அடி உயர மரத்திற்குச் சரி என்று நினைத்துக் கொண்டால், நீரை இழுப்பதற்கு ஒரு இலையில் தேவையான விசை $= 2 \times (400—34)/34 = 22$ அட்மாஸ் பியர்கள் ஆகும். இதனுடன் மண்ணில் நீரினைப் பிடித்துவைத்து கொள்ளும் விசையினைச் சமாளிப்பதற்குத் தேவையான விசையின் அளவையும் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும். மேலும், வேர்த்தூவியி லிருந்து வேரின் ஸ்டீலை அடைவதற்குள் நீர்படும் எதிர்விசை களையும் (Opposite forces) சமாளிக்கும் விசையின் அளவினையும் மேற்கூறியதோடு சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும். இவ்வாறு எல்லாவற்றையும் கூட்டியபின் நீரினை மேலேற்றுவதற்குத் தேவையான (400 அடி உயர மரத்தில்) விசையின் அளவு கிட்டத்தட்ட 27 அட்மாஸ்பியர்களாகும். இலை மீஸோஃபில் செல்களின் DPD இந்த அளவாவது இருந்தால்தான் அவை சைலத்திலிருந்து நீரினைப் பெறமுடியும். வெளிச் சூழ்நிலையின் DPDயே பொதுவாக அதிகமாக இருக்கிறது. இது இலையிலிருந்து நீரினை இழுப்பதற்கு ஏதுவாக இருக்கிறது. சாதாரண நிலைமை களில், வெளிச் சூழ்நிலையில் தேவையான அளவுக்கு ஆவியாக்கும் ஆற்றல் இருப்பதால், உயரமான தாவரங்களில் கூட நீர் மேலே ஏறுவது சிரமம் இல்லாமல் இருக்கிறது.

படம் 16-ல் ஒரு 400 அடி உயர மரத்தில் காணப்படும் DPD யின் அளவுகள் கிட்டத்தட்ட கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

கொடுக்கப்பட்ட அளவுகள் முழுதும் ஊகத்தினுல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. இக் கொள்கையினை விளக்குவதற்குத்தான் அவ்வாறு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. உண்மையான அளவு ஒவ்வொரு தாவரத்திலும் பல சிக்கலான அம்சங்களின் விளைவாக நிமிடத்திற்கு நிமிடம் மாறும்.

இப்படத்தின் மூலம் தெரியவரும் உண்மைகளில் முக்கிய மானது, வெளிச் சூழ்நிலைக்கும் இலைக்கும் இடையே உள்ள DPD வேறுபாடு (300—28), இலைக்கும் மண்ணுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாட்டை (28—1) விடப் பலமடங்கு அதிகமாக இருப்பது தான்.

மிக அதிகமான உயரத்திற்கு நீரினை ஏற்றுவதற்கு மிக அதிக அளவு விசை தேவைப்படுவதால், இலை ஸெல்களின் வாக்வோல் சாற்றின் OP மிகவும் அதிகமாக இருக்கவேண்டும் என்று எதிர்ப் பார்க்கவேண்டும். ஏனெனில் இந்த ஸெல்கள் தம்முடைய விறைப்பை (turgor) நிலைத்து நிறுத்த வேண்டுமென்ருல், அவற்றின் OP, DPD யை விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும் இங்கு DPD=OP—WP என்ற சமன்பாட்டை மனத்தில் கொள்ள வேண்டும்). ஆனுல் சிக்கோயா போன்ற தாவரங்களுக்கு இந்த அளவு (value) எவ்வளவு என்று கண்டுப்பிடிக்கப்படவில்லை. எனினும் தோல் போன்ற தடிப்புக் கொண்ட இலைகளையுடைய ஒரு சில வறட்சி நிலத்தாவரங்களின் இலைகளில் கிட்டத்தட்ட 50 அட்மாஸ்பியர் வரை இவ்விசை .இருப்பதால், இதே அளவோ அல்லது இதைவிடக் கூடவோ சிக்கோயா தாவரத் திலும் இருக்கலாம். என்று ஊகித்துக் கொள்ளலாம். 150 அடி உயரமுள்ள எல்ம்களில் இலை ஸெல்களின் OP 20 அட்மாஸ்பியர்கள் இருக்கின்றன என்றும், இந்த அளவு அந்தத் தாவரங்களில் சாறேற்றம் நடைபெறுவதற்குப் போது மானது என்றும் தெரியவருகிறது. மேலும் இத் தாவரங்களில் நுனியிலிருந்து அடிவரை ஆங்காங்கே இலைகளின் OP யைக் கணக்கிட்டால் அது அளவு தொடர்ச்சியாகக் குறைந்து கொண்டே வருவது தென்படும். ஏனெனில் தாவரத்தின் வெவ்வேறு உயரத்திற்கு நீரினை ஏற்றுவதற்கு ஏற்ப இலை ஸெல் களின் OP யும் வெவ்வேறு உயரத்தில் மாறுபடுகிறது.

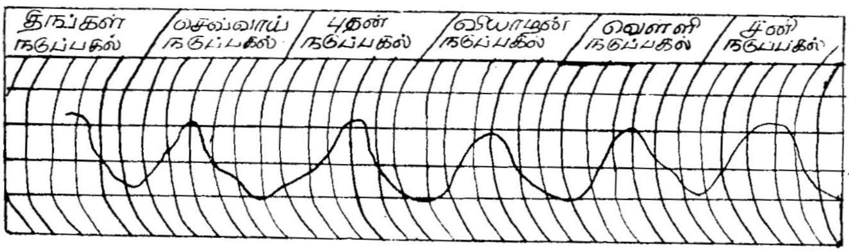
இன்னொரு உண்மையையும் இங்குக் குறிப்பிட வேண்டும். நிலையான வாடுதல் நிலையில் உள்ள தாவரங்களின் இலை ஸெல் களில் அவற்றின் OP யை விட DPD அதிகமாக இருக்கும் (விவரம் அடுத்த அத்தியாயத்தில்). இத்தகைய தாவரங்களில் இலைகளை ஆதரவுத் திசுக்கள் (ஸ்கெலரங்கைமா) தாங்கி இலைகள் சிதைவடையாமல் வைத்திருக்குமேயானுல், மிக அதிக அளவு

DPD இங்கு உண்டாக்கப்படுகிறது. மிக உயரமான தாவரங்களான ஜிம்னோஸ்பர்ம்களின் இலைகளில் ஸ்கெலரங்கைமா திசு அதிகமாக இருப்பதாலும், அவற்றின் உயரம் அதிகமாக இருப்பதாலும், இந்த உயரத்திற்கு நீரினை ஏற்றவேண்டிய தேவை இருப்பதாலும், இதற்கு அதிக அளவு DPD தேவையாக இருப்பதாலும், இந்தத் தாவரங்கள் எப்பொழுதும் நிலையான வாடுதல் நிலையில் (state of permanent wilting) இருக்கலாம் என்று ஒரு சிலர் கருதுகிறார்கள். (நிலையான வாடுதல் நிலை இருக்கும் பொழுது இலை செல்களில் DPD மிக அதிகம் என்பதை இங்கு நினைவு கூர வேண்டும்).

(இ) சைலத்தில் ஏற்படும் விசைகள் (Tensions in the xylem)

நீராவிப் போக்கின் பொழுது மேற்கூறிய முறையில் நீர் ஓட்டம் (stream) நடைபெறுகிறது என்று வைத்துக் கொண்டால் மிக வீரியத்துடன் நீராவிப் போக்கு ஒரு தாவரத்தில் ஏற்படும் பொழுது அதன் சைலத் திசுக்களின் உள்ளடக்கப் பொருள்கள் மிக அதிகமான விசைகளுக்கு (tensions) உட்படுகின்றன என்பது புரியும். இத்தகைய விசைகள் உண்மையில் உண்டாகின்றன என்பது பல விதமான சான்றுகளால் நிரூபிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

பல தாவரங்களின் தண்டுகளின் விட்டம் அவற்றில் நீராவிப் போக்கு மிக வீரியத்துடன் நடைபெறும் பொழுது குறிப்பிடத் தக்க அளவில் குறைகிறது என்பதும், நீராவிப் போக்கு குறைவாக இருக்கும் பொழுதோ அல்லது இல்லாத பொழுதோ விட்டம் அதிகமாக இருக்கிறது என்பதும் (படம் 39) ஒரு சான்றாகக்



படம் 39
பைனஸ் தண்டின் விட்டத்தில் ஏற்படும் லய வேறுபாடு (Diurnal variation) டெண்ட்ரோ கிராப் மூலம் காணக்கிடப்பட்டது.

கூறப்படுகிறது. இதனை அளப்பதற்கு டெண்ட்ரோகிராஃப் (dendrograph) என்ற கருவி உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. இந்தக்

கருவியைப் பல நாள்களுக்கு உபயோகித்துத் தண்டில் நீராவிப் போக்கினுல் ஏற்படும் விட்ட மாற்றங்களைக் கணக்கிட்டால், விட்டமாற்றம் அதிகப்படியான வேறுபாடுகளைக் (fluctuation) காட்டாவிடினும், இரவு, பகல் நேரங்களில் குறிப்பிடத்தக்க லயத்தைக் (diurnal periodicity) காட்டுகிறது. இந்த விட்ட வேறு பாட்டுக்குக் காரணம் அந்தத் தண்டுகளில் உள்ள ஸைலத்தின் நீர்த் தொடர்பு விசைகள் (hydrostatic tensions) காரணமாக ஏற்படும் சுருங்கல்தான்.

தண்டுகளின் ஸைலத்தில் ஏற்படுகின்ற விசைகள் காரணமாக நீர் ஏறுகிறது என்பதை நைட் (Knight 1965) பின்வரும் சோதனை யால் நிரூபித்தார். ஒரு 60 அடி உயரமுள்ள பீச் (beech) மரத்தைச் சோதனைப் பொருளாக அவர் எடுத்துக் கொண்டார். இம் மரத்தின் மையத தண்டின் (trunk) அடிப்பகுதியில் துளைக்கும் கருவியின் உதவி கொண்டு ஸைலம் திசுவின் வெளிப்பகுதிவரை பட்டையில் துளை செய்தார். இதன்மூலம் சிவப்புச் சாயம் கலந்த நீரை இவர் சிறிது நேரம் செலுத்தும்படி செய்தார். பின்பு மையத் தண்டின் வேறு ஒரு பகுதியில் (துளை இருக்கும் அதே பக்கத்திலும், துளைக்கு மேலேயும்) துளை செய்த பொழுது அப்பகுதியின் ஸைலம் சாயத்தைப் பெற்றிருந்தது. இச் சோதனையின் அடிப்படையில் நீர் எவ்வளவு தூரம் ஏற்ற மடைகிறது என்பதை ஓரளவுக்குக் கண்டு பிடிக்கலாம் என்று அவர் கூறுகிருர். மேற்கூறிய சோதனையில் ஏற்படும் சாறேற்றம் முழுவதும் ஸைலத்தின் விசைகள் உடனே நீக்கப்படுவதால்தான் என்று கொள்ள முடியாது என்றும் நைட் கூறுகிருர்.

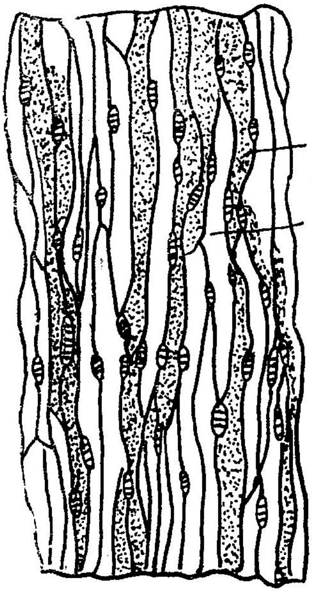
குக்கர்பிட்டேஸி (Cucurbitacae) தாவரங்களில் செய்யப் பட்ட ஒரு சில சோதனைகள் மூலமும், ஸைலத்தில் விசைகள் ஏற்படுகின்றன என்று தெரியவருகிறது. இந்தத் தாவரங்களில் மிகவும் கவனமான நுண் அறுவை (microdissection) மூலம் தனி வெஸல் அலகுகளை (vessel member) நீராவிப் போக்கு நடந்து கொண்டிருக்கும் பொழுது பாதரஸப் பரப்பில் காயப்படுத்தினுல், நீர்த்தம்பம் மிகவும் வேகமாக "உடைக்கப்படுவதைப்" பார்க்கலாம். ஸைலத்தில் நீர்த்தம்பம் அதிக விசைக்குள்ளாகிறது என்று வைத்துக் கொண்டால்தான் இந்த "உடைக்கப்படும்" நிகழ்ச்சி நடைபெற முடியும். நீர்த்தம்பம் பாதிக்கப்படும் பொழுது அந்த வெஸல் அலகில் பாதரஸம் நுழைகிறது.

கூட்டிணைவுக் கோட்பாட்டில் மூன்று குறைகள் இருப்பதாக எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளன. அவையாவன: (1) நீர்த்தம்பம் தொடர்ச்சியாகத் தாவரத்தின் முழுவதும் காணப்படுகிறதா?

ஸைலம் வெஸல்களிலும், டிரக்கீடுகளிலும் காற்றுக் குமிழிகள் உண்டானால் அதன் தொடர்ச்சி பாதிக்கப்படாதா? இதனால் சாறேற்றம் பாதிக்கப்படாதா? (2) சாதரணமாகச் சோதனைச் சாலையில் கூட்டிணைவினால் நீர் கண்ணாடிக் குழாயில் மேலே ஏறுகிறது என்று ஏற்கெனவே காட்டப்பட்டு விட்டது. அக் குழாயில் ஓரளவு அதிர்ச்சி ஏற்பட்டாலும் நீர்த்தம்பத் தொடர்ச்சி பாதிக்கப்படுகிறது. இப்படி இருக்கும் பொழுது, தாவரத்தின் தண்டுப்பகுதி காற்றால் அலைக்கழிக்கப் பட்டால் அவற்றின்ஸைலத்தில் உள்ள நீர்த்தம்பங்களின்தொடர்ச்சி பாதிக் கப்படவாய்ப்பிருக்கிறது. அப்பொழுது எவ்வாறு சாறேற்றம் தடையுறாமல் நடைபெறுகிறது? (3) கூட்டிணைவினால் ஏற்படும் விசை சாறேற்றத்தை 300 அல்லது 400 அடி உயரம் வரை ஏற்றுவதற்குப் போதுமானதா? இவற்றிற்கான விளக்கங்களைக் கீழே பார்க்கலாம்.

நீராவிப் போக்கு நடைபெற்றுக்கொண்டிருக்கும் பொழுது லைத்தில் உள்ள நீர்த்தம்பத்தின் (படம் 40) மேல் ஸைலம் அதிக விசையை (tension) ஏற்படுத்துகிறது என்று மேலே பார்த்தோம். இதன் காரணமாக, சந்தர்ப்ப வசத்தால் சிறிது காற்று ஸைலத் திற்குள் நுழைந்து விட்டால், அது பெரிதாகிப் (expand) பல கடத்து குழாய்களை (conducting tubes) அடைத்துக் கொள்ளும் (air embolism). எனினும், டிரக்கீடுகள் ஒருசில காற்றால் நிரப்பப் பட்டுத் தடை செய்யப்பட்டால், அவை மற்றவற்றிலிருந்து குழி அஸ்பிரேஷன் (pit aspiration) மூலம் தனியாக்கப்படும் (isolated). ஆனால், இதுவே வெஸல்களில் ஏற்பட்டால், நிறையப் பகுதிகள் பாதிக்கப்படும். பெரும்பாலான ஆஞ்ஜியோஸ்பர்ம்களில் முதிர்ந்த ஸைலம் குழாய்களில் காற்று நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது என்று தெரியவருகிறது; இவை நீர்கடத்துதலிலும் பங்கு கொள்வதில்லை. சமீபத்தில் உண்டான ஸைலம் வெஸல்களும், டிரக்கீடுகளும் நிறைய நீரினைப் பெற்று இலைகளுக்குக் கடத்து கின்றன. பிரெஸ்டன் (preston) செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, ஒரு 60 வயது கொண்ட பீச் (beech) தாவரத்தில், 20 செ. மீ. விட்டம் கொண்ட தண்டுப்பகுதியில் 2 செ மீ விட்டமுடைய ஒருசிறு ஸைலம் பகுதியே அந்தத் தாவரத்திற்குத் தேவையான நீரினை மேலேற்றுவதற்குப் போதுமானது என்று தெரியவருகிறது. எனவே, ஒரு பகுதியில் காற்றடைப்பு (air embolism) ஏற்பட்டாலும் மற்றப் பகுதிகளின் நீர்த்தம்பத்தின் தொடர்ச்சி பாதிக்கப்படாது. அவற்றின் மூலம் ஏறும் நீர் அத் தாவரத்திற்குப் போதும் என்று கொள்ளலாம். மேலும், தாவரங்களில் ஸைலம் வலை போன்று பின்னப்பட்டிருப்பதாலும்,

ஒருசில சைலக்குழாய்கள் காற்றால் அடைபட்டாலும் அது குறிப்பிடத்தக்க பாதிப்பை ஏற்படுத்துவதில்லை.



படம் 40

தண்டின் கட்டைப் (wood) பகுதி மூலம் செல்லும் நீரின் கூட்டிணைவுத் தொடர்ச்சியை விளக்கும் படம்.

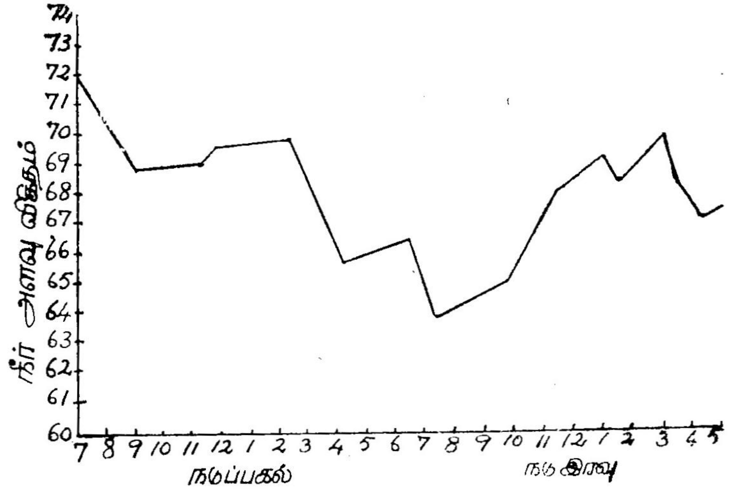
கூட்டிணைவு மூலம் சாறேற்றம் ஏற்படுவதை நிரூபிக்கக் கூறப்பட்ட சோதனையில் கண்ணாடிக்குழாய் அதிர்ச்சியடைந்தால் நீர்த்தம்பம் பாதிக்கப்படும் என்று பார்த்தோம். ஆனால், காற்றால் தண்டுப்பகுதி அலைக்கழிக்கப்படும் பொழுது சைலம் குழாய்களில் உள்ள நீர்த்தம்பத் தொடர்ச்சி பாதிக்கப்படாது; குழாயின் உறைகளுக்கும் நீருக்கும் இடையே உள்ள ஒட்டிணைவும் பாதிக்கப்படாது. இதற்குக் காரணங்கள், சைலம் குழாய்கள் கண்ணாடிக் குழாய்கள் அளவு விட்டமுடையவை அல்ல; மிக மிக நுண்ணியவை; இவற்றில் ஏற்படும் நுண்துளை ஆற்றல் மிகவும் அதிகமானவை; எனவே, நீரின் கூட்டிணைவு பாதிக்கப்படாது. மேலும் கண்ணாடிக் குழாயின் உறைக்கும் நீருக்கும் உள்ள ஒட்டிணைவைவிட, சைலம் உறைக்கும் நீருக்கும் உள்ள ஒட்டிணைவு மிக அதிகம். மேலும் இங்கு உறையிலும் உள்ளீர்த்தல், நுண்துளை ஆற்றல்களின் விளைவால் நீர் காணப் படுகிறது.

பெரிய மரங்களில் சாறேற்றத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய அளவுக்கு விசை ஒட்டிணைவுப் பண்பால் ஏற்படுத்தப்படுகிறதா என்பதும் அந்த விசை சைலத்தில் ஏற்படும் எதிர் விசைகளைச் சமாளிக்க வல்லதா என்பதும் பற்றி அடிக்கடி சந்தேகம் எழுப்பப் படுகிறது. கொள்கை அளவில் நீரின் டென்சைல் விசை (tensile force) ஒவ்வொரு சதுர அங்குலத்திற்கும் 210,000 பவுண்டு என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. இது 1400 அட்மாஸ்பியர்களுக்கும் மேல் உள்ளது. இந்தக் கொள்கை அளவு விசை நடைமுறையில் உண்டாக்கப்படாவிட்டாலும், 400 அல்லது 500 அடி உயரமுள்ள தாவரங்களில் சாறேற்றத்தை உண்டாக்க வல்ல விசைக்கு மேலேயே காணப்படுவதாகத் தெரியவருகிறது. உதாரணமாக 200 அட்மாஸ்பியர்கள் செல்லின் சாற்றில் இருப்பதாக டிக்ஸனும் (Dixon), பெரணிகளின் ஸ்போர்பை அன்னுலஸில் (Annulus) 315 அட்மாஸ்பியர் அளவு விசை இருப்பதாக உர்ஸ்பரங்கும் (Urspwng) கண்டு பிடித்துள்ளனர்.

(iii) நீரின் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி (Lateral movement of water) செல்களுக்கு இடையே ஆரப்போக்கில் நீர் இடப்பெயர்ச்சி அடையலாம். உதாரணமாக, சைலம், புளோயம் திசுக்களில் உள்ள ரேக்கள் (rays) மூலம் நீர் ஆரப்போக்கில் இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன. மிகவும் தடிப்பான தண்டுப் பகுதிகளில் பரிதிப் போக்கு (tangential) பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சியும் ஏற்படலாம். பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி இல்லை என்றால், தாவரத்தின் ஒரு பக்கத்து வேர்த் தொகுதியை அழித்து விட்டால் அப் பக்கத்துத் தண்டுப் பகுதியும் அழிந்துவிட வாய்ப்புண்டு.

(iv) இலைகளின் நீர் அளவில் தினமும் ஏற்படும் மாற்றங்கள் (Daily variations in the water content of the leaves): பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் இலைகளில் தினமும் ஏற்படும் நீர்-அளவு மாற்றங்கள் பற்றிக் கண்டறிந்துள்ளார்கள். உதாரணமாக ஸ்டேனஸ்கூ (Stanescu 1936) என்பவர் ஆம்பிலோப்ஸிஸ் டிரைகஸ்பிடேட்டா (Ampelopsis tricuspidata) என்ற தாவரத்தின் இலையில் ஏற்படும் நீர்-அளவு மாற்றங்களைக் கண்டறிந்துள்ளார் (படம் 41). இந்த ஆராய்ச்சிகள் நவம்பர்மாதத்தில் செய்யப்பட்டன. எனினும் கோடைக் காலத்து நாள் ஒன்றில் இவ்வாராய்ச்சிகளைச் செய்தாலும் (ஆனால் மண்ணில் நீர் தேவையான அளவு இருக்க வேண்டும்) எந்தக் குறிப்பிடத்தக்க வேறுபாடும் இருக்க வாய்ப்பில்லை. நீரின் அளவு காலையிலும், முன்—பிற்பகலிலும் குறைவதும், மிகக் குறைந்த அளவு (Minimum) 5 மணியளவில் அடைவதும், அதன்பிறகு கொஞ்ச கொஞ்சமாக அதிகரித்து நடு இரவு

1 மணி அளவில் மிக உச்ச நிலையை அடைவதும், படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன பின்பு விடியற்காலையிலும், காலையிலும் மீண்டும் நீரின் அளவு குறைந்து கொண்டு வருகிறது. இதைப் போன்ற முடிவுகள் மேலும் பல ஆராய்ச்சிகள் மூலமும் தெரியவருகின்றன. நடு



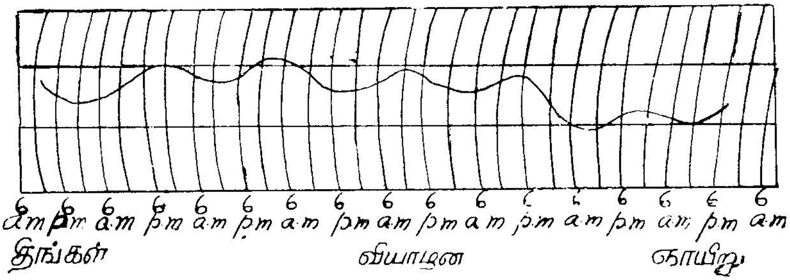
படம் 41

இலையின் நீர்ப்பசை அளவில் ஒரு நாளில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்,

இரவில் நீரின் அளவு மிகவும் அதிகமாக இருப்பதற்குக் காரணம், விடியற்காலையில் அவை மீண்டும் மற்ற உறுப்புகளுக்கு இடப்பெயர்ச்சி அடைவதற்காகத்தான் என்று கூறப்படுகிறது.

(v) தாவரத்தின் உள்ளே நீர்ப்பங்கீடு (Internal redistribution of water): நீராவிப் போக்கின் அளவும், நீர் உறிஞ்சும் அளவும் கிட்டத்தட்ட சமமாக இருக்கும்பொழுது தாவரத்தின் உள்ளே திசுக்களிடையே நீர்ப்பங்கீடு அதிக அளவிற்கு ஏற்படுவதில்லை. ஆனால், உறிஞ்சுதல் நீராவிப் போக்கின் அளவிற்கு நடைபெறாவிட்டால், தாவரத்தின் உள்ளே நீர்ப் பற்றுக்குறை ஏற்பட்டு, அவற்றின் உறுப்புகளுக்கிடையே DPDயின் அளவு அதிக அளவுக்கு வேறுபாட்டைக் காட்டுகிறது. இத்தகைய நிலைமைகளில் தாவரத்தின் உள்ளே உறுப்புகளுக்கிடையே நீர்ப்பங்கீடு ஏற்படுகிறது. தாவரத்தின் உள்ளே ஏற்படும் நீர்ப் பற்றுக்குறை அதிகமாக அதிகமாக இத்தகைய பங்கீடும் அதிகம் காணப்படுகிறது.

இலைகளுக்கும், கனிகளுக்கும் இடையே அடிக்கடி நீர்ப்பங்கீடு நடைபெறுவதாகத் தெரிய வருகிறது. எலுமிச்சம் பழத்தின் அளவு ஒரு நாளின் வெவ்வேறு காலத்தில் சுருங்கி, விரிவதிலிருந்து



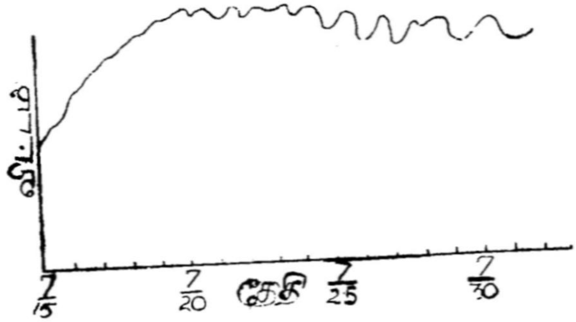
படம் 42

எலுமிச்சைப் பழங்களின் விட்டத்தில் தினமும் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

இது தெரிகிறது (படம் 42)..எலுமிச்சை தன்னுடைய பரிமாணத்தில் ஒவ்வொரு நாளும் கிட்டத்தட்ட காலை 6 மணிக்கு சுருங்குகிறது. தொடர்ந்து அது மாலை 4 மணி வரை சுருங்குகிறது. இந்த இடைவெளியில்தான் நீராவிப் போக்கின் அளவும் அதிகமாக இருப்பதால், கனியிலிருந்து நீர் இலைகளுக்கு இடப் பெயர்ச்சி அடைகிறது என்று கொள்ளலாம். கனியிலிருந்து நீராவிப் போக்கின் மூலம் வெளியேறும் நீரின் அளவு மிக மிகக் குறைவு. மாலை 4 மணியிலிருந்து அடுத்தநாள் விடியற்காலையில் 6 மணிவரை கனியின் பரிமாணம் மீண்டும் அதிகரிக்கிறது, இக்கால நேரத்தில் இலையிலிருந்து மீண்டும் நீர் கனிக்கு இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது.

பஞ்சு போல்கள் (Cotton bolls) மேற்கூறிய எலுமிச்சம் பழத்திற்குச் சற்று மாறுபட்ட முறையில் செயற்படுகின்றன. அது கிட்டத்தட்ட 16 நாள்களுக்கு வளர்ந்து கொண்டே வரும். இந்த நாள்களில் முதல் 5 நாள்களுக்கு தொடர்ந்து நீர் இவற்றை அடைந்து கொண்டே இருக்கும். பின்பு எலுமிச்சையில் ஏற்படுகின்ற மாதிரி மாற்றங்கள் தினமும் இவற்றின் விட்டத்தில் ஏற்படும்.

நுனி ஆக்குத் திசுக்களும், இளம் உறுப்புகளும், மற்றத் தாவர உறுப்புகள் நீரினை இழந்தாலும், தொடர்ந்து நீரினைப் பெறுகின்றன. உதாரணமாக, தக்காளித் தாவரத்தின் முதல் கணுவுக்கு மேலே உள்ள பகுதிகளின் நீர் வளர்ச்சி பகலிலும்



படம் 43

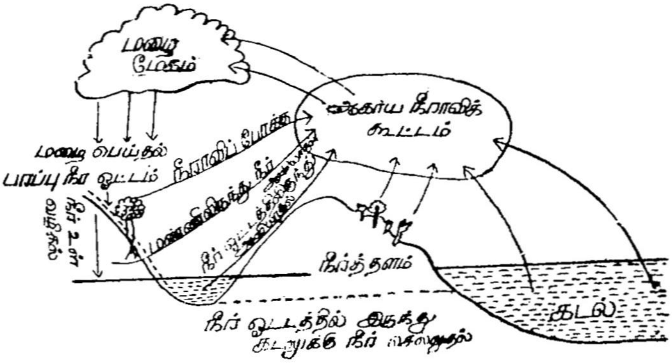
பருத்தி போல்களின் விட்டத்தில் வளரும் நாள்களுக்கேற்ப உண்டாகும் மாற்றங்கள்

இரவிலும் மாற்றங்களைக் காட்டுவதில்லை; ஆனால் அதற்குக் கீழே உள்ள பகுதிகள் பகலில் குறைவான நீளத்தையும், இரவில் அதிக நீளத்தையும் கொண்டு காணப்படுகின்றன.

9. தாவர சூழ்நிலையில் நீர்
(Water in plant's environment)

1. நீர்ச் சுழற்சி (The hydrologic cycle)

வெப்பநிலை மாற்றங்களினால் நீர் தன்னுடைய நிலையை எளிதில் மாற்றிக் கொள்கிறது. இதன் விளைவாக நீர் மிகவும் சுலபமாக இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. இந்த இடப்பெயர்ச்சியில் முக்கிய பங்கு வகிப்பது கடல்களிலிருந்து ஆகாயத்தை அடையும் நீராகும். அங்கிருந்து நீர் நிலத்திற்கும், பிறகு கடலுக்கும், மீண்டும் ஆகாயத்திற்கும் சுழல்கிறது. இந்தச் சுழற்சியின் முக்கிய நிலைகளைப் படத்தில் காணலாம்.



படம் 44

நீர்ச் சுழற்சி

மழை மேகங்களிலிருந்து நீராவி குளிர்ந்து நீராகவோ, பனிக் கட்டிகளாகவோ, பனியாகவோ தரையை அடைகிறது. இந்த நீரில் ஒரு சிறிது தாவரங்களின் இலைகளால் தடுக்கப்பட்டு, தரையை அடையாமலேயே, அங்கிருந்து நேராக ஆவியாகி விடுதலும் உண்டு. தரையை அடையும் நீரில் பெரும்பங்கு

தரையின் மேல்மட்டத்திலேயே வழிந்து ஓடிச் சிறுசிறு வாய்க்கால்களையும், ஆறுகளையும் கடைசியில் கடலையும் அடைகிறது. மீத நீர் மண்ணின்வழி உட்புகுந்து கடைசியில் நீர்த் தளத்தை (Water table) அடைகிறது. வழிந்து, பரப்பில் ஓடும் நீரின் (Run off water) அளவும், மண்ணின் உள்ளே உட்புகும் நீரின் அளவும் பல சூழ்நிலைக் காரணிகளைப் (Factors) பொறுத்தது. இவற்றில் முக்கியமானவை மண்ணின் தன்மை, மண்வகை, தரைமேல் பெய்யும் மழையின் அளவு, மழையின் கால இடைவெளி (Duration) போன்றவை. வழிந்தோடும் நீர், மண் அரிமானத்தை உண்டாக்குகிறது; இது தாவர வளர்ச்சியில்லாத மண்ணில் அதிகமாகக் காணப்படும். மண்ணில் உட்புகுந்த நீரின் ஒரு பகுதி தாவரங்களால் உறிஞ்சப்படுகிறது. இப்படி உறிஞ்சப்பட்ட நீரின் பெரும்பகுதி தாவரங்களிலிருந்து நீராவிப் போக்கின் மூலம் வெளியேற்றப்பட்டு மீண்டும் ஆகாயத்தை அடைகிறது. ஒரு சிறிது நீர் மண்ணிலிருந்தே நேரடியாக ஆவியாகிறது. நீர்த் தளத்தின் ஆழமும் அதில் காணப்படும் நீரின் அளவும், இடத்திற்கும் கால நிலைக்கும் ஏற்ப வேறுபடும். நீர்த் தளத்திலிருந்தும் கடைசியில் நீர் ஆகாயத்தைக் கடல் மூலமாகவோ, வேறு மார்க்கமாகவோ அடைகிறது.

பூமியின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் உள்ள நீர் ஆகாயத்தை அடைவது சூரிய சக்தியின் உதவியால்தான். எனவே, இந்நிகழ்ச்சி பூமத்தியரேகைக்கு அருகாமையில் உள்ள பகுதிகளில் அதிகமாகக் காணப்படும் (இங்கு வெப்பம் அதிகம்). பூமத்தியரேகையிலிருந்து விலக்கப்பட்ட பகுதிகளில் இந் நிகழ்ச்சி குறைவாகக் காணப்படும். இவ்வாறு ஆவியான நீராவி காற்றுடன் எளிதாகச் சேர்ந்து, குளிர்ப் பகுதிகளை அடைந்து, அங்கு நீராக மாறித் தரையை மழை வடிவிலோ, பனிக்கட்டி வடிவிலோ அடைகிறது. நீர் வெற்று நிலத்தில் (bare soil) மழையாக விழும்பொழுது மண் அரிமானத்தை உண்டாக்கி ஓரளவுக்கு மண்ணை மற்றப் பகுதிகளுக்கு அடித்துச் செல்கிறது.

(2) குறைந்த அளவில் நீர் இருக்கும்பொழுது தாவரத்தில் ஏற்படும் விளைவுகள் (Effect of restricted water supply on plants)

(a) பொதுவான விளைவுகள் (General effects)

பாரம்பரியத்தினால் கட்டுப்படுத்தப்படும் தாவர குணங்களைத் தவிர, உள்ளமைப்பு, புறவமைப்பு, வாழ்வியல் ஆகியவற்றில் தாவரங்கள் காட்டும் ஒவ்வொரு பண்பும் பெரும்பாலும் அவை

வாழும் சூழ்நிலையின் பண்புகளைக் குறிக்கும் வண்ணம் இருக்கும்; இவற்றில் முக்கியமானவை நீர்ச் சூழ்நிலையால் ஏற்படும் விளைவுகள் தான். நீர்ப்பற்றுக் குறையினால் ஏற்படும் விளைவுகளை வெளிப் படையாகக் காட்டும் தாவரப் பகுதிகளை ஸீரோபிளாஸ்டிக் (Xeroplastic) என்பர்.

ஏதாவது ஒரு சாதாரண தாவரத்தின் இளம் நாற்றுகளை எடுத்து நீரின் அளவில் மாறுபட்ட இரண்டு சூழ்நிலைகளில் வளர்த்தால் நீர்ப்பற்றுக் குறையால் ஏற்படும் விளைவுகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம். ஒன்றினை நல்ல நீர் உள்ள சூழ் நிலையிலும், மற்றதை நீர்ப்பற்றுக்குறைச் சூழ்நிலையிலும் வளர்க்க வேண்டும். இரண்டாவது தாவரத்தின் சூழ்நிலையில் ஈரப்பதத்தைக் கட்டுப்படுத்தி அதன் மூலம் நீராவிப் போக்கைக் கட்டுப்படுத்தலாம்; அல்லது மண்ணில் நீரின் அளவைக் கட்டுப் படுத்தலாம்; அல்லது இரண்டு விதத்திலும் கட்டுப்படுத்தலாம். இத்தகைய சூழ்நிலையில் வளர்ந்த தாவரங்கள் மிகவும் குட்டை யாகவும், ஸ்டோமாக்கள் சிறிதாகவும் அவை மிகவும் அருகாமை யில் அமைந்தும் காணப்படுகின்றன; மீஸோஃபில்லின் (mesophyll) இடை வெளிகள் குறைக்கப்பட்டும் காணப்படுகின்றன. செல் உறைகளும், அவற்றின் மேல்படிந்துள்ள கூட்டிக்கிள் படலமும் மிகவும் தடிப்பாகவும் இருக்கின்றன. லிக்னின் படிதலும் அதிகமாக்கப்படுகிறது. செல்களின் ஆஸ்மாடிக் செயல்கள் அதிகமாக்கப்படுகின்றன. வேர்த் தொகுதியின் ஆழமும் அதிகமாக இருக்கின்றது.

(b) வாடல் (wilting): தாவரங்களின் பாகங்கள் நீரினால் ஏற்படும் விறைப்பை இழக்கும் பொழுது வளைகின்றன அல்லது கீழ்நோக்கி வளைந்து தொங்குகின்றன. இதனைப் பொதுவாக வாடல் (wilting) என்பர். ஆனால், வாழ்வியல் கண்கொண்டு பார்த்தால், வாடல் என்பதற்கு மிகவும் பரந்த (broad) விளக்கம் கொடுக்கவேண்டும். நீர்ப்பற்றுக்குறை ஏற்பட்டு அதன் காரண மாக வெளிப்படையான விளைவுகள் ஏற்படவில்லை எனினும், செல்களுக்குள் வாடல் நிகழ்ச்சி காணப்படுகிறது எனக் கொள்ளல் வேண்டும். நீராவிப் போக்கினால் வெளியேறும் நீரைவிடக் குறைவாக நீர் உறிஞ்சப்படும் பொழுது நீர்ப்பற்றுக் குறை ஏற்படுகிறது. நீர் உறிஞ்சப்படுவதில் குறைவு ஏற்படு வதற்குக் கீழ்க்கண்ட காரணிகளைக் கூறலாம்.

1. நீர் தம்மிடையே கடத்தப்படுவதற்குத் தாவரத் திசுக் களின் தடை.

2. மண்ணில் மிகக்குறைவான நீர் அளவு.

3. வேர்த்தொகுதி மிகச் சிறியதாக இருப்பது அல்லது உறிஞ்சுவதற்கு ஏற்ற வண்ணம் இல்லாமல் இருப்பது.

4. மிகக்குறைவான மண் வெப்பநிலை.

5. மண் கரைசலின் மிக அதிக மான ஆஸ்மாடிக் செயல்.

வாழ்வியல் வாடல் (physiological wilting) பல நிலைகளில் உண்டாகிறது. இதனை அட்டவணையின்கண் பார்க்கலாம் (அட்டவணை-8)

அட்டவணை-8

வாடல் வகை (Type of wilting)	காணப்படும் அளவு ரீதி (Frequancy)	விறைப்பு நீக்க அளவு (Degree of loss of turgor)	வெளிப் படையான விளைவுகள் (Visible effects)	காணப்படும் அளவு (Duration)
1 தொடக்க நிலை வாடல் (Incipient wilting)	பெரும்பாலும் தினம் நடுப் பகலில், முக்கியமாகக் கோடையில்	மிகக் குறைவு குறைந்த காலம் நீடிப்பது	ஒன்றுமில்லை	குறுகிய காலம். நீராவிப் போக்கின் அளவு குறைந் தால் மீண்டும் சாதாரண நிலைக்கு வந்து விடும்.
2 சிறிது கால வாடல் (Transient wilting)	பெரும்பாலும் காணப்படும்; முக்கியமாக மிக வெப்ப மான, வறட்சி யான அல்லது காற்றுள்ள நாள்களில்	ஓரளவுக்குக் குறிப்பிடத் தக்க அளவு இருக்கும்.	இலைகள் தொங்கிக் காணப் படுதல், பெரும்பாலும் சிறு செடி களின் இளந் தண்டுகளிலும்	குறுகிய காலம் நீராவிப் போக்கின் அளவு குறை யும் பொழுது மீண்டும் சாதாரண நிலைக்கு வந்து விடும்.
3 நிலையான வாடல (Permanent wilting)	எப்பொழுதா வது, பெரும் பாலும் வறட்சி நிலைமை தொடர்ந்து நீடிக்கும் பொழுது.	மிகவும் அதிக மானது	இலைகளும், சிறு செடி களின் தண்டுப் பகுதியும் மிக அதிகமாகத் தொங்கிக் காணப்படுதல்	மண்ணில் நீரின் அளவு மீண்டும் ஏறும் வரை. அதனால் நீராவிப் போக்கு குறைந்தாலும் எந்தவித மாற்றமும் ஏற்படுவ தில்லை.

வாடல் வகை (Type of wilting)	காணப்படும் அளவு ரீதி (Frequancy)	விறைப்பு நீக்க அளவு (Degree of loss of turgor)	வெளிப்படையான விளைவுகள் (Visible effects)	காணப்படும் அளவு (Duration)
4 மாற்ற முடியாத வாடல் (Irreversible wilting)	வறட்சி நிலைமை மிக அதிகமான காலத்திற்கு நீடிக்கும் பொழுது	முழுமையானது, நிலையானது.	மெல்லிய தாவர உறுப்புகள் எல்லாம் வதங்குதல், வாடுதல்	நிலையானது. திசுக்கள் மிகவும் வறட்சியாகி நீர் மீண்டும் கொடுத்தால் கூட ஏற்காத நிலையில் இருக்கும்' இறப்பு தொடருகிறது.

வெளிப்படையான விளைவுகளை உண்டாக்கக்கூடிய நீர்ப் பற்றுக்குறையின் அளவு தாவரத்தில் காணப்படும் ஆதரவுத் திசுக்களின் அளவினைப் பொறுத்தது. வெளிப்படையான வாடல் சாதாரண தாவரங்களின் இலைகளிலும், இளம் தண்டுகளிலும் மட்டுமே முழுவதும் காணப்படுகிறது. இளம் நாற்றுகளின் இலைகளிலும், தண்டுகளிலும் எளிதாக ஏற்படுகிறது. ஆதரவுத் திசுக்கள் காணப்படும் முதிர்ந்த தண்டுகளில் வெளிப்படையான வாடுதல் நடைபெறுவதில்லை. ஒரு சில தாவரங்களில் உணவு தயாரிக்கும் திசுக்கள்கூட மிக அதிகமாக லிக்னின் பெற்றுக் காணப்படுவதால், மிக அதிக அளவு நீர்ப் பற்றுக்குறை அவற்றில் காணப்பட்டும்கூட, வெளிப்படையான விளைவுகள் தெரிவதில்லை. இத்தகைய தாவரங்கள் வறட்சி நிலத் தாவரங்களாகும்.

இயற்கையில், தாவரங்களின் செல்களிலிருந்து தொடர்ச்சியாக நீர் வெளியேற்றப்பட்டால் கூட—அதாவது செல்லின் அழுத்தம் (turgor) இழக்கப்படும் நிலைக்கு அப்பாலும்—பிளாஸ்மோலிஸிஸ் ஏற்படுவதில்லை. ஆனால், சோதனைக் கூடங்களில், செல்களைச் சுற்றி உயர் அழுத்தக் கரைசல் (yp utonic solution) இருக்கும்படி செய்தால் பிளாஸ்மோலிஸிஸ் ஏற்படுகிறது. இந்தச் சோதனையில், செல் உறை பிளாஸ்மோலிஸிஸ் உண்டாக்கும் பொருள்களால் பூரிதமாகிறது (Saturated); நீர் புரோட்டோ பிளாஸத்தில் இருந்தும், வாக்வோலில் இருந்தும் தான் இழுக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக புரோட்டோ பிளாஸம் செல் உறையில் இருந்து விரிவடைகிறது. அப்பொழுது

கரைசல் செல் உறைக்கும், புரோட்டோ பிளாஸத்திற்கும் இடையில் நுழைகிறது. ஆனால், இயற்கையான சூழ்நிலையில்—உதாரணமாக ஒரு இலை காய்ந்து கொண்டிருக்கும் பொழுது—நீர் செல்லின் எல்லாப் பகுதிகளிலிருந்தும் உறிஞ்சப்படுகிறது. எப்படி இருந்த பொழுதிலும், புரோட்டோ பிளாஸத்திற்கும் செல் உறைக்கும் இடையே நுழைய எந்தவிதத் திரவமும் இங்கு இருப்பதில்லை. இதன் விளைவாக மொத்த செல்லும் (செல் உறையும் சேர்ந்து) சுருங்குகிறது. செல்கள் பெரிதாகவும், மெல்லிய உறையையும் பெற்றிருக்கும் பொழுது அழிதல் மிகச் சீக்கிரம் ஏற்படும். உறை தடிப்பாக இருந்தால், அழிதல் ஏற்படுவதில்லை; உறை உள்நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. செல்கள் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு சிறிதாக இருக்கின்றனவோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அழிவினை எதிர்க்கும் ஆற்றல் அதிகரிக்கின்றது. செல் உறைகள் மீள் சக்தி கொண்டதால் தம்முடைய பழைய நிலையை மீண்டும் அடையும். இதிலிருந்து என்ன தெரிகிறது என்றால், செல் உறை செல் உள்ளடக்கப் பொருள்களின் மீது ஏதோ ஒரு அழுத்தத்தை உண்டாக்கிறது என்பதுதான். இதுதான் எதிர் மறை செல்லுறை அழுத்தமாகும் (Negative wall pressure). இதன் விளைவாக செல்கள் அழியாத நிலையில் இருக்கும்பொழுது, வாடிய தாவரத்தின் திசுக்கள் அதிக அளவுக்கு DPDயை உண்டாக்கி சைலம் திசுவின் பொருள்களை அதிகப் பாதிப்பில் (Strain) நிறுத்துகிறது. இந்தப் பாதிப்பு, காய்தல் (Drying process) அதிகமாக அதிகமாகக் கூடுதலாகிறது. இதன் விளைவாக ஒருசில அல்லது எல்லா சைலம் நீர்க் குழாய்களும் (Xylary water tubes) அழிவுறுகிறது. மேலும் இலையின் மீஸோஃபில்களும், மற்றத் திசுக்களும் அழிந்து தம் தன்மையை இழக்கின்றன. புரோட்டோ பிளாஸம் அழிவடைதல் தொடருகிறது; திசுக்கள் வதங்குகின்றன; இலைகள் வீழ்கின்றன. இந் நிலையில் தாவரத்திற்குப் புதிதாக நீர் கொடுப்பினும், இலைகள் மீண்டும் தம் பழைய நிலைமையை அடைவதில்லை.

(3) மண் நீர் (Soil water)

(அ) பொதுவான உண்மைகள் : தன்னையடையும் நீரினை ஒரு சிறிது காலத்திற்காக நிலைத்து நிறுத்துவதுதான் மண் தாவரங்களுக்குச் செய்யும் முக்கிய உதவியாகும். இந்த நீர் மழையினாலோ நீர்ப்பாசனத்தாலோ (Irrigation) மண்ணை அடைகிறது.

மழைக் காலத்திலோ அல்லது விவசாயம் செய்யும் காலத்திலோ மண்ணின் மேற்படலத்தில் ஓரளவுக்கு நீர் தேக்கமடை

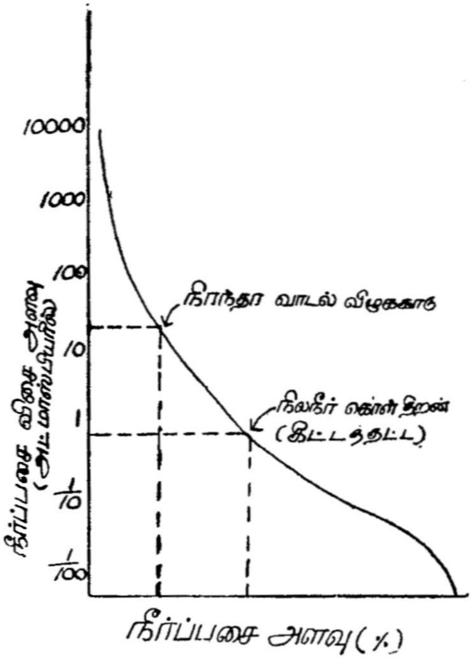
கிறது; பெரும்பாலான மண் துவாரங்கள் நீரினால் நிரப்பப்படு கின்றன. பல மண் வகைகளில் இத்தகைய துவாரங்கள் மண்ணின் பரிமாணத்தில் பாதியாகும். ஆனால், இந்நீரை மண் பல காலத் திற்கு நிலைத்து நிறுத்தி வைக்க முடியாது. ஏனெனில் இது மெதுவாக மண்ணின் அடிப் படலத்திற்கு இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. இந் நிகழ்ச்சியில் புவிஈர்ப்பு பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. தந்துகிக் கவர்ச்சியும் பங்கேற்கிறது. இத்தகைய இடப்பெயர்ச்சி முழுதும் நடந்தவுடன் கூடப் பெருமளவிற்கு நீர் மண் துகள்களின் மீது படலமாகப் படிந்து காணப்படுகிறது. இப்பொழுது காணப் படும் மண் நீரின் அளவு நில நீர் கொள்திறன் (Field capacity) எனக் கூறப்படுகிறது. இதனை வரையறுக்க வேண்டுமானால், புவிஈர்ப்பினால் நீர் இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்பட்ட பிறகும் கூட ஒரு மண்ணில் காணப்படும் அதிக அளவு நீருக்கு நிலநீர் கொள்திறன் (Field capacity) என்று பெயர். இத்தகைய நீரினைப் புவிஈர்ப்பு சக்தியோ, தந்துகிக் கவர்ச்சியோ மேலும் இடப் பெயர்ச்சி செய்யாது. இந் நிலையில் தாவரத்திற்கு நீர் பெருமள விற்குக் கிடைக்கிறது. தாவரத்திற்கு நீர் கிடைக்க வேண்டுமென் றால் அரை அட்மாஸ்பியர் அளவு விசையிருந்தால் போது மானது.

(ஆ) தாவரத்திற்கு மண்நீர் கிடைத்தல் (The availabitity of soil moiture to plants):

பெரும்பாலான மண் வகைகள் நீரினை மண்துகள்கள் மீது படிந்துள்ள மெல்லிய படலமாகத்தான் பெற்றுள்ளன. பெரும் பாலான துவாரங்கள் நீரினால் நிரப்பப்பட்டுள்ளன. ஒரு துவாரத் தில் நீர் எந்த அளவு விசையுடன் நிலைத்து நிறுத்தப்படுகிறது என்பது அந்தத் துவாரத்தின் அளவினைப் பொறுத்தது. இதனால் மண்ணிலிருந்து நீர், ஆவியாதல் மூலமும், நீராவிப்போக்கு மூலமும் எடுக்கப்படும்பொழுது, முதலில் பெரிய துவாரங்கள்தான் காலியாகின்றன. சிறிய துவாரங்களிலிருந்து நீரை எடுப்பதற்கு அதிக விசை தேவைப்படுகிறது.

நீர்த் தேக்கம் மிகுந்த மண்ணின் மேற்படலத்திலிருந்து (இது மழையைத் தொடர்ந்து காணப்படும்) நீர் மிக எளிதாக எடுக்கப் படுகிறது; இதற்குத் தேவையான விசையின் அளவு பெரும்பாலும் மண் கரைசலின் மிகக் குறைந்த DPDயால் நிர்ணயம் செய்யப்படு கிறது; குறைந்த அளவு DPDக்குக் காரணம் மண்ணில் உப்புகள் குறைவாக இருப்பதுதான். நிலநீர் அளவினை (Field capacity) அடையும்பொழுது, மண் துகளுக்கும நீருக்கும் இடையில் ஒட்டல்

விசை (Force of attraction) ஏற்படுகிறது; இது கிட்டத்தட்ட அரை அட்மாஸ்பியர் வரை இருக்கும். இத்தகைய மெல்லிய ஒட்டு விசையினால் நீர் எளிதாக மண்துகளிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. தாவர வேர்களுக்கு அருகாமையில் மண் காயக்காய, துகள்களுக்கு மேல் ஒட்டியிருக்கும் நீர்ப் படலத்தின் தடிப்பும் குறைந்து கொண்டே செல்லும். இப்பொழுது மிகச் சிறிய துவாரங்களில் மட்டும்தான் நீர்—மிக அதிக அளவு விசையுடன் ஒட்டிக்கொண்டு—காணப்படுகிறது. வேர்களுக்குச் சற்று தள்ளி மண்ணில் ஓரளவுக்கு நீர் அதிகமாகவே காணப்படும்.



படம் 45

லோம் வகை மண்ணில் நீரின் அளவிற்கும் நீர்ப்பசை விசை அளவிற்கும் உள்ள தொடர்பு

இதனால்தான் மிகப் பரந்த வேர்த் தொகுதியையுடைய தாவரம் மண்ணை மிக எளிதில் காயச்செய்கிறது.

நில நீர் கொள்திறனில் (Field capacity) உள்ள மண்ணி லிருப்பதை விட, தாவரத்தில் நிலையான வாடுதலை உண்டாக்கும் (Permanent wilting percentage) மண்ணிலிருந்து நீரினை இழுப்பதற்கு மிக அதிகப்படியான அளவு விசை தேவை என்பதை முன்பக்க வரைபடத்தினால் அறியலாம். இப்படத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ள சோதனைக்கு லோம்வகை மண் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. நிலையான வாடல் காணப்படும்பொழுது மண்ணில் நீர் சேர்ந்தால் வாடல் தவிர்க்கப்படுகிறது; தாவரம் பழைய நிலையை அடைகிறது. வாடல் குறைவாகக் காணப்பட்டால், நீராவிப் போக்கை மட்டுப் படுத்தினால் மட்டும் போதுமானது; தாவரம் பழைய நிலையை அடைந்துவிடும். நிலையான வாடல் ஏற்படும்பொழுது வேருக்கு அருகாமையில் உள்ள நீர்ப் படலங்கள் மிகவும் மெல்லியதாக்கப் படுகின்றன; அருகாமையில் நிறைய நீர் இருப்பினும் மேற்கூறிய நிலை ஏற்படுகிறது. ஏனெனில் வேருக்கு நீர் அருகாமைப்பகுதி களிலிருந்து தந்துகிக் கவர்ச்சி மூலம் இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படுவ தில்லை. இந் நிலையில் மண் நீரின் விசை (tension) கிட்டத்தட்ட 15 அட்மாஸ்பியர்கள் ஆகிவிடுகிறது. இந் நிலையிலும் நீரைத் தாவரம் உறிஞ்ச வேண்டும் என்றால் 15 அட்மாஸ்பியர்களுக்கும் மேலே வேர் செல்களின் DPD இருக்கவேண்டும். நிலையான வாடல்நிலை வந்தவுடன் மண்ணில் காணப்படும் நீரின் அளவு நிலையான வாடல் விழுக்காடு (Permanent wilting percentage) அல்லது வாடல் சம எண் (Wilting coefficient) என்று கூறப்படுகிறது.

பொதுவாக எல்லா வகைத் தாவரங்களும் (வறட்டு நிலத் தாவரங்களையும் சேர்த்து) ஒரே அளவுக்குத்தான் நிலையான வாடுதல் ஏற்படும்பொழுது மண் நீரின் அளவைக் குறைக்கின்றன. ஏனெனில் இது மண்ணின் தன்மையைப் பொறுத்ததே தவிர வேர் செல்களின் DPDயைப் பொறுத்ததல்ல. எனவே, நிலையான வாடல் விழுக்காடு பயனுள்ள ஒன்றாகும், அதிலும் முக்கியமாக விவசாயிகளுக்கு,

நிலையான வாடல் விழுக்காடு உள்ள பொழுது மண்ணில் எஞ்சியுள்ள நீர், கிடைக்காத நீர் (Unavilable water) என்று கூறப் படும். நிலையான வாடல் விழுக்காட்டின்போது உள்ள நீரின் அவுக்கும் நிலநீர் கொள் திறனின் போது உள்ள நீரின் அளவுக்கும் உள்ள வித்தியாசம்தான் தாவரங்கள் எப்பொழுதும் உபயோகிக்கும் நீரின் அளவாகும். கிடைக்கக்கூடிய நீரின் அளவும் (Available water), கிடைக்காத நீரின் அளவும் மண் வகைக்கு ஏற்ப வேறுபடும் என்பதைக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணை விளக்கும் (அட்டவணை-9)

அட்டவணை—9

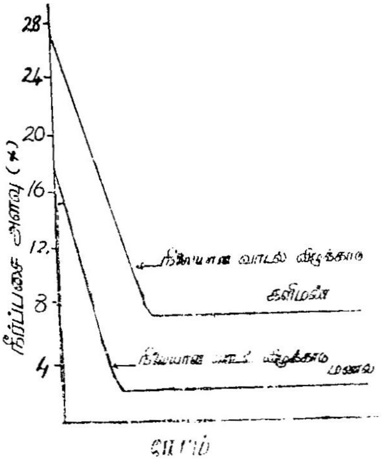
மண் வகை	கிடைக்கக்கூடிய நீரின் விழுக்காடு (கிட்டத்தட்ட).		
	நிலநீர் கொள் திறன் — பொழுது	நிலையான வாடுதல் விழுக்காடு— பொழுது	தாவரங்கள் உபயோகிக்கும் நீரின் அளவு
களிமண்	28	13	15
லோம்மண்	21	10	11
மணல் கலந்த லோம்	11	3	8
மெல்லிய மண்	4	1	3

நிலநீர் கொள்திறன் நிலையிலிருந்து, நிலையான வாடல் விழுக்காட்டு நிலை ஏற்படும்பொழுது மண்ணில் நீரினை நிலைத்து வைக்கும் விசையின் அளவு அரை அட்மாஸ்பியரிலிருந்து 15 அட்மாஸ்பியர் வரை அதிகரிக்கிறது (படம் 45). இதனுடனே நீரினைத் தாவரம் உறிஞ்சும் நிலையிலும் சற்றுக் கடினம் ஏற்படுகிறது.

மெதுவாகக் காய்ந்து கொண்டிருக்கும் வெவ்வேறு வகையான மண் வகைகளிலிருந்து ஆவியாகும் நீரின் அளவை நிர்ணயம் செய்வதற்கு வெய்மேயரும், ஹென்ரிக்ஸனும் (Veihmeyer & Hendrickson 1955) செய்த ஆராய்ச்சிகள் கீழ்க்கண்ட உண்மைகளைக் கொடுத்தன. ஒவ்வொன்றிலும், ஆவியாதல் மிகவேகமாகவும் ஒரேசீராகவும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைவரை ஏற்பட்டு, பின்பு அது திடீரென்றும் அதிகமாகவும் குறைக்கப்படுகிறது. இந்நிலையில் மண்ணில் உள்ள நீரின் அளவு, வாடல் விழுக்காட்டு நிலையில் உள்ள நீரின் அளவிற்கு (நேரடியாகக் கணக்கிடப்பட்ட பொழுது) சமமாக இருக்கிறது. இதிலிருந்து நாம் அறியும் கருத்து என்னவென்றால், நிலையான வாடல் ஏற்படுவதற்குச் சற்று முன்பு மண் நீரின் தன்மையில் திடீர் மாற்றம் ஏற்படுகிறது என்பதுதான். இம்மாற்றத்தின் பொழுது மண் நீரின் DPD யும் வேகமாக அதிகரிக்கிறது. இச்சோதனை மூலம் அறியும் மற்றொரு உண்மை, நிலையானவாடல் விழுக்காடு ஏற்படும் பொழுது மண்ணில் ஏற்படும்

மாற்றங்களுக்கும், தாவர வகைக்கும் எந்தவிதத் தொடர்பும் இல்லை என்பதுதான்.

தாவரம்--மண்நீர்த் தொடர்பில் பங்குபெறும் மற்ெருரு முக்கிய அம்சம் மண்கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல் தான். இது காரத்தன்மையுடைய மண்ணிலும் (Alkaline Soils), அதிக அளவுக்கு உரமிட்ட மண்ணிலும் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. மண் கரைசலில் அதிகரிக்கும் O Pயின் அளவு ஒரு சில அட்மாஸ்பியர்கள் வரை வேர்ஸெல்களின் OPக்குச் சமமாக இருக்கிறது. பிறகு தான் தாவர வளர்ச்சி தடைபடுகிறது. எனினும் ஹேலோஃபைட்கள் (Halophyts) போன்ற தாவரங்கள் மிக அதிக அளவுக்கு உப்பை மண்ணிலிருந்து எடுத்துக்கொள்கின்றன. இதன் விளைவாக அவற்றின் ஸெல்களின் O P கிட்டத்தட்ட 150 அட்மாஸ்பியர் வரை கூட அதிகரிக்கக்கூடும். இதனுல்தான் மிக அடர்த்தியான சூழ்கரைசல்களிலிருந்துகூட அவற்றினுல் நீரை உறிஞ்ச முடிகிறது.



படம் 46
இரண்டு வகையான மண்ணில் ஆவியாதல் நிகழ்ச்சி

4. நீர்பபாசனம் (Irrigation): நீர்ப்பாசனம் என்பது ஒரு நிலத்திற்குச் .செயற்கையாக நீர் விடுதல் நிகழ்ச்சியைக் குறிக்கிறது. உலகத்தின் பல்வேறு பகுதிகளில் பொருளாதார முக்கியத்துவமுள்ள தாவரங்களின் (Crop Plants) வளர்ச்சி இயற்கையாக மண்ணில் உள்ள நீரின் அளவை வைத்து மட்டும் நிர்ணயம் செய்யப்படுவதில்லை. பெரும்பகுதிகளில், மிக அதிக அளவில் விஞ்ஞான ரீதியில் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட செயற்கை நீர்விடுதல் நிகழ்ச்சியால்தான் மேற்கூறிய தாவரங்கள் வளர்க்கப்படுகின்றன. மேலும், சில பகுதிகளில் செயற்கையான நீர் செலுத்தாமல் தாவரங்கள் வளர்ந்தாலும் அவற்றினுல் விளையும் பயன் செயற்கை நீர் .விடுதலால் அதிகரிக்கப்படுகிறது. உதாரணமாக, கலிபோர்னியாவில் பழமரங்கள் வளரும் பகுதியில் (அங்கு 85 சதவிகிதம் தாவரங்கள் செயற்கை நீர் ஊட்டத்தினுல் வளர்கின்றன), இயற்கையான மழையே கிடையாது அல்லது மிகக் குறைவு. அங்கு செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக,

செயற்கை நீர் கொடுக்கப்படாத பழத்தோட்டங்களை விடச் செயற்கை நீர் கொடுக்கப்பட்ட தோட்டங்களின் பயன் அதிக அளவில் இருந்தது என்று தெரியவருகிறது. மேலும் ஒவ்வொரு மரத்திலும் மிகக் குறைந்த அளவில் பழங்கள் உண்டாக்கப் பட்டும், மரங்கள் குட்டையாகவும் இருந்தன.

உலகத்தின் வளர்ந்துவரும் உணவுத்தேவைக் கேற்ப, நீர்ப் பாசன முறைகளிலும் அதிக அளவிற்கு மாற்றங்கள் செய்யப்படு கின்றன. நீர்ப்பாசனம் செய்யும் பொழுது நீரினை எந்தவிதத் திட்டமுமில்லாமல் தாவரங்களுக்கு செலுத்தக் கூடாது. ஏனெனில் முறையற்ற செயற்கை நீர் அளித்தலும், அதிக அளவிற்கு அதை அளித்தலும் நன்மைக்குப் பதில் தீமையே விளை விக்கும். உதாரணமாக, அதிக அளவிற்கு நீர் செலுத்தினால் மண்ணில் நீர் தேங்கி வேருக்கு ஆக்ஸிஜன் கிடைக்காமல் போய் விடும். மேலும், பெரும்பாலான கனிமங்கள் நீரினால் மண்ணி லிருந்து அடித்துச் செல்லப்படுகின்றன. (ஒரு சில கார மண்களில் இந்நிகழ்ச்சி ஊக்குவிக்கப்படுகிறது). மேலும், மண் அரிமானமும் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு. இவையெல்லாம் தவிர அதிக அளவு நீர் செலுத்த அதிகப் பணச்செலவும் ஏற்படும்.

நீர்ப்பாசன முறைகளில், மேலே விவரிக்கப்பட்ட விஞ்ஞான அடிப்படைகள் பற்றித் தெரிந்து கொண்டு செயற்கை நீர் ஊட்டம் செய்யப்படவேண்டும். ஆப்பிள், பேரி, திராட்சை போன்ற தாவரங்களுக்கு நீர் ஊற்றுவதற்கு முன்பு, அவை வளரும் மண்ணின் நீர் முழுவதும் தீர்ந்துவிட வேண்டும். அதாவது அம்மண்ணில் நிலையான வாடல் விழுக்காடு ஏற்படும் வரை செயற்கை நீர் ஊட்டம் கூடாது. எனவே, இம் மரங்களை வளர்ப்பவர்களுக்கு, நிலையான வாடுதல் விழுக்காடு என்றால் என்ன என்றும், அது எப்பொழுது ஏற்படுகிறது என்றும் தெரிய வேண்டும். இதற்காக இம்மரங்களின் இடையிடையே ஒருசில அகல இலைகளைக் கொண்ட மரங்களை வளர்க்க வேண்டும். (ஏனெனில் இவற்றில் வாடல் நிகழ்ச்சி எளிதாகத் தெரியும்.)

நம் நாட்டில் விஞ்ஞான ரீதியான தாவர நீர்ப்பாசனம் இப்பொழுதுதான் ஆரம்ப நிலையில் இருக்கிறது. எந்தெந்தத் தாவரங்களுக்கு எந்தெந்த நிலைமையில் செயற்கை நீர் ஓட்டம் தேவை என்பதை ஆராய்ச்சிகள் மூலம் முதலில் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும்; அவை வளரும் மண்ணின் அடிப்படைத் தன்மைகள் பற்றியும் அறிய வேண்டும்.

நாட்டின் நீர்ப்பாசனத் தேவையை அறியத் தற்போது 'பொடன்ஷியல் நீராவிப்போக்கு' (Potential Transpiration) என்ற அலகினை உபயோகிக்கிறார்கள். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம் : ''மண்ணினை முழுதும் அடைத்துக் கொள்ளும் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் வளர்க்கப்படும் தாவரங்களி (Crop Plants) லிருந்து, நீர்ப்பற்றுக் குறை மண்ணில் இல்லாத பொழுது ஏற்படும் நீராவிப்போக்கின் அளவு.'' இது சாதாரணமாக ஒரு நாட்டில் மிக அதிக வேறுபாட்டினைக் கொண்டிராது. ஏனெனில் இது நாட்டின் சீதோஷ்ண நிலையைப் பெரும்பாலும் பொறுத்ததே தவிர தாவர வகையினைப் பொறுத்தது அன்று. இந்த அலகினைக் கால நிலை அலுவலகத்திலிருந்து (Meteriological department) ஒவ்வொரு மாதத்திற்கும் பெற்றுக் கொள்ளலாம். இங்கு அடிப் படையான ஊகம் ஒன்று மனத்தில் கொள்ளப்பட்டிருக்கிறது. அதாவது, மண்ணின் நீர் அளவு நீராவிப் போக்கை குறைக்கும் அளவுக்குக் குறைந்தால் தாவர வளர்ச்சி தடைபடுகிறது. சாதாரண நீராவிப்போக்கின் அளவை பொடன்ஷியல் நீராவிப் போக்கின் அளவிற்குச் சமமாக வைப்பதற்கு மழையினால் கிடைக்கும் நீரினைத்தவிர எவ்வளவு நீர் செயற்கையாகச் சேர்க்கப்பட வேண்டும் என்பதே இந்த அலகின் நோக்கமாகும்.

ஓரிடத்தில் உள்ள மண் ஆரம்பத்தில் நிலநீர்க் கொள்திறன் நிலையில் இருக்கிறது என்று ஊகித்துக் கொண்டால், ஓரிடத்தில் வளரும் தாவரத்தின் நீர்ப்பாசனத் தேவையைக் கீழ்க்கண்ட முறையில் கண்டு பிடிக்கலாம் :

1. ஓரிடத்தின் பொடன்ஷியல் நீராவிப் போக்கை ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்குக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும் (உதாரண மாக 15" என்று வைத்துக் கொள்வோம்).

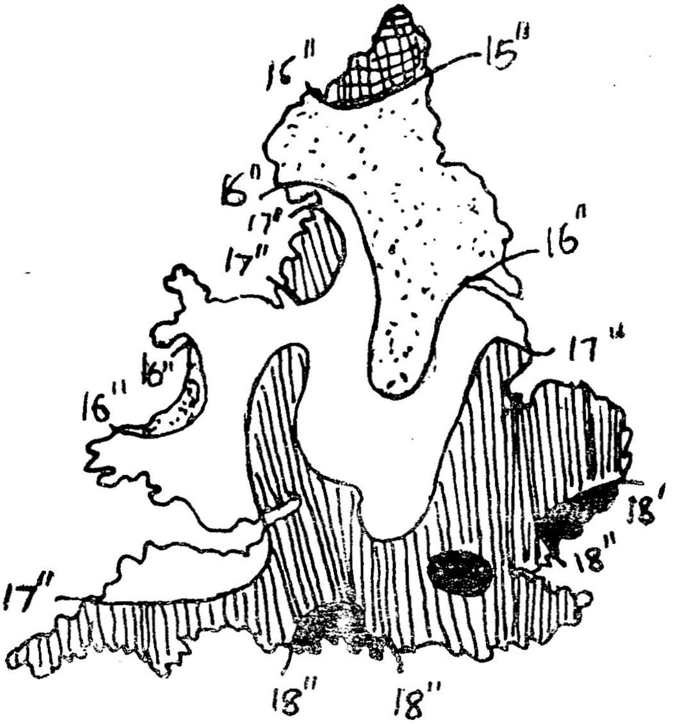
2. தாவரத்தின் வேர்த்தாங்கு அளவைக் (Root Constant) கழிக்க வேண்டும் (உதாரணமாக 3'') [வேர்த்தேவை: நிலநீர் கொள்திறனுக்குக் குறைவான மண்நீர்ப்பற்றுக்குறை (Soil moisture deficit) கிட்டத்தட்ட 3" மழைக்குச் சமம். தன்னுடைய வளர்ச்சி யையோ நீராவிப் போக்கையோ குறைத்துக் கொள்ளாமல் ஒரு தாவரம் இந்த பற்றுக்குறையைத் தன்னுடைய வேரால் தாங்கிக் கொள்கிறது. இந்த அளவு வேர்தாங்கு அளவு (root Constant) என்று கூறப்படுகிறது.

3. மழைபெய்யும் அளவைக் கழிக்க வேண்டும் (உதாரண மாக 7").

∴ ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்கான நீர்ப்பாசனத்தேவை = $(15''-3)-7''=5''$.

நீர்ப்பாசனத் தேவையின் அளவை நிர்ணயம் செய்த பிறகு, அந்த அளவு நீரை எவ்வாறு அந்தக் குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப் பிரித்து ஊட்டவேண்டும் என்பதை விவசாயி கண்டறிய வேண்டும்.

உதாரணமாக ஏப்ரல்—செப்டம்பர் மாதங்களுக்கு இங்கி



படம் 47

இங்கிலாந்து நாட்டின் சராசரி கோடைக்கால நீராவிப்போக்கு பொடன்ஷியல்

லாந்து நாட்டின் சராசரி பொடன்ஷியல் நீராவிப் போக்கு அளவு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

10. வறட்சித் தன்மையும், தாவர நீர்த் தொடர்பும்

(Xerophytism and plant-water relationship)

வறட்சி நிலைமையில் வாழும் தாவரங்களின் நீர்த் தொடர்பு சற்று விசித்திரமானது. பெரும்பாலான அவ்வகைத் தாவரங்களின் புரோட்டோ பிளாஸம் வறட்சியைத் தாங்குவதுதான் இத் தொடர்பின் முக்கிய அம்சமாகும். புரோட்டோ பிளாஸம் வறட்சியை எந்த அளவுக்குத் தாங்கும் என்பது தாவரத்தைப் பொறுத்தது. உதாரணமாக, லைக்கென்கள், மாஸ்கள், பெரணிகள், பிரையோஃபைட்கள் ஆகியவற்றில். இத்தன்மை அதிக அளவிற்குக் காணப்படுகிறது. அதே சமயத்தில் ஒரே தொகுதியைச் சேர்ந்த வெவ்வேறு தாவரங்களும் இப்பண்பை வெவ்வேறு அளவிற்குக் கொண்டு காணப்படுகின்றன.

(I) வறட்சி நிலத்தாவர வகைகள்: வறட்சி நிலத்தாவரங்களைப் (plants of arid rigions) பல வல்லுநர்கள் பல வகைகளில் வகைப்படுத்தியுள்ளார்கள். உதாரணமாக ஷண்ட்ஸ் (shantz 1911) என்பவர் இவ்வகைத் தாவரங்களை மூன்று முக்கிய வகைகளில் வைத்துள்ளார். அவையாவன:

(i) வறட்சியைக் காணாத தாவரங்கள் (drought escaping)

(ii) வறட்சியைத் தவிர்ப்பன (drought eraduring)

(iii) வறட்சியைத் தாங்குவன (drought enduring) 1960-ல் ஒப்பன்ஹைமர் (Oppenheimer) என்பவர் கீழ்க்கண்ட வகையான தாவரங்கள் வறட்சி நிலங்களில் வளர்வதாகக் கண்டுள்ளார்:

(i) குமிழ்களை அல்லது மட்ட நிலத்தண்டுகளைக் கொண்ட ஜியோஃபைட்கள் (bulbous or shizomatous geophytes).

(ii) எப்பொழுதும் பசுமையான ஸ்கிலிரோஃபைட்கள் (evergreen sclerophytes).

(iii) லிக்னின் கொண்ட தாவரங்கள்: இவற்றின் இலைகள் மிகவும் வறட்சியான கோடைக் காலத்தில் விழுந்துவிடும் அல்லது மிகச்சிறிய இலைகளால் மாற்றப்படுகின்றன.

(iv) இலையற்ற, சதைப்பற்றற்ற தாவரங்கள் [உதாரணம்: ஜெனிஸ்டா (Genista)] அல்லது குதிரைவால் போன்ற தாவரங்கள் (hosre-tail like plants) [உதாரணம் சவுக்கு (Casuarina)].

(v) சதைப்பற்றுள்ள இலைகள், தண்டுகள் அல்லது வேர்கள் கொண்ட தாவரங்கள்.

(vi) மிக மிக அதிகமான வறட்சி நிலைமையையும் தாங்கக் கூடிய தாவரங்கள் (resurrection plants) [உதாரணம்: செலாஜினெல்லாவின் (Selaginella) ஒரு சில சிற்றினங்கள்].

II. வறட்சித் தாங்கலுக்குக் காரணங்கள் (Causes of drought resistrance: ஒரு தாவரம் வறட்சியிலிருந்து மீண்டு உயிர்வாழ வேண்டுமென்றால் அது அத்தாவரத்தின் நீர் உறிஞ்சும் திறனையும், நீர் இழப்பைத் தடுக்கும் திறனையும் பொறுத்தது, எனவே, அதற்கே உரித்தான அமைப்புத் தகவமைவையோ அல்லது வறட்சியைத் தாங்கும் புரோட்டோ பிளாஸத் தன்மையையோ அல்லது இரண்டையுமோ ஒரு தாவரம் பெற்றிருக்கவேண்டும். வறட்சித் தாங்கலின் அமைப்பு அடிப்படைப் (structural basis) பொதுவாக வேர் அல்லது இலையின் பண்புகளுடன் இணைக்கப் பட்டிருந்தாலும், சில சமயம் தண்டின் சில பண்புகளும் இதில் முக்கியப்பங்கு வகிக்கின்றன.

வறட்சித் தாங்கலில் காலத்தினால் ஏற்படும் வேறுபாடுகளும் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக, பிசக்கும், லார்சரும் (Pisek & Larcher 1954) செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக. மரங்களில் வறட்சித் தாங்கல் கூதிர்க்காலத்தில் (autumn) அதிகமாக்கப்படுவதும், குளிர்காலத்தில் (winter) உச்ச நிலையில் இருப்பதும், மீண்டும் வசந்த காலத்தில் (spring) குறைக்கப் படுவதும் தெரியவருகிறது.

இளம் திசுக்கள் முதிர்ந்த திசுக்களைவிட வறட்சியை நன்றாகத் தாங்குகின்றன என்று லெவிட் (Levitt 1956), பிசக், லார்சர் (Pisek & Larcher 1954) போன்றவர்கள் செய்த ஆராய்ச்சிகள் கூறுகின்றன. மில்தார்ப் (Milthorpe 1950) கூற்றுப் படி இளம் கோதுமை நாற்றுகள் முதல் இலை மிக வேகமாக நீட்சியடையும் நிலைவரை தம்முடைய வறட்சித் தாங்கல் பண்பைப் பெற்றுள்ளன. ஆனால், நாற்று வளர வளர இப் பண்பின் அளவு குறைந்து கொண்டே வருகிறது. வயது ஏற ஏற

வறட்சித் தாங்கல் பண்பும் குறைந்து வருதல் தாவரத்திலுள்ள செல்களும் வயதடைவதால்தான். ஒரு சில தாவரங்களில், உண்மையிலேயே இளம் திசுக்கள் முதிர்ந்த திசுக்களைவிட வறட்சித்தாங்கலை அதிகமாகக் கொண்டிருக்கின்றனவா என்பது சந்தேகமாக இருக்கிறது. ஏனெனில் தாவரத்தின் உள்ளே நீர்த்தட்டுபாடு அதிகமாக ஏற்பட்டால், முதிர்ந்த திசுக்களில் இருந்து இளம் திசுக்களை நோக்கி நீர் இடப் பெயர்ச்சியடைகிறது (Kramer & Kozlowski 1960).

வறட்சி நிலங்களில் உள்ள தாவரங்கள் உயிர் வாழ்வது அவற்றின் வேர்களின் ஆழத்தையும், கிளைத்தலையும் பொறுத்தது. அதிக வேர்—தண்டு விழுக்காடு (root-shoot ratio) வறட்சித் தாங்கலில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. வேர்களின் "அதிகக் கிளைத்தல் தன்மை இடம் மாற்றப்பட்ட (transplanted) தாவரங்களின் வறட்சித் தாங்கலில் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது; ஏனெனில் இவற்றில் அதிக அளவு நீராவிப் போக்கு நடைபெறுகிறது. (Kramer & kozlowski 1960). ஸ்கோல்டஸ் (Scholtes 1948 கூற்றுப்படி, வெவ்வேறு தாவரங்களின் வேர்க் கிளைத்தல் அத் தாவரங்களின் பாரம்பரியப் பண்பாகும். இதை வைத்துப் பார்த்தால் வறட்சித் தாங்கலும் பாரம்பரியப் பண்பாக இருக்கலாம் என்று தெரிய வருகிறது.

ஒரு சில தாவரங்களில் வேர்கள் வறட்சித் தாங்கலை அதிகரிப்பதற்கான அனுசரணங்களைப் பெற்றுள்ளன. உதாரணமாக ஸைபா பார்விஃபோலியா (Ceiba parvifolia) என்ற மெக்ஸிகோ நாட்டு வறட்சி நிலத் தாவரத்தில், வேர்களில் "கமோடெஸ்" ("Camotes") என்று கூறப்படுகின்ற நீர்ப்பற்றுள்ள தடிப்புகள் பல காணப்படுகின்றன. இவற்றில் உள்ள நீர் அத்தாவரங்கள் பூக்கும் காலத்தில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இத்தாவரம் வளரும் பகுதியில் மழை மிகக்குறைந்த காலத்திற்குத்தான் காணப்படுகிறது. அப்பொழுது தாவரம் வெஜிடேடிவ் நிலையில் உள்ளது. மழையற்ற காலத்தில் தாவரம் பூக்கிறது.

நீராவிப் போக்கைக் குறைப்பதற்காக, வறட்சி நிலத் தாவரங்கள் வறட்சி மிகும் பொழுது இலைகளை உதிர்த்து விடுகின்றன. பொதுவாக முதிர்ந்த இலைகள் முதலிலும் பின்பு இளம் இலைகளும் உதிர்கின்றன. ஒப்பன்ஹைமர் ஹீலியோடிரோபியம் (Heliotropium), ஹீலியாந்திமம் (Helianthemum), லினேரியா (Linaria), அஸ்ட்ரகாலஸ் (Astragalus) போன்ற பாலைவனத் தாவரங்களில் பெரும்பாலும் இலைகள் விழுந்து விடுகின்றன என்று கூறுகிறார்; அல்லது அவற்றிற்குப் பதிலாக

இலையடிச் செதில்களோ அல்லது பிராக்கி பிளாஸ்ட்களோ (Brachyblasts) காணப்படலாம் என்றும் அவர் கூறுகிறார்.

வறட்சித் தாங்கலில், ஸ்டோமாக்கள் எவ்வளவு சீக்கிரத்தில் மூடிக் கொள்கின்றன என்பதும் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது. ஸ்டோமாக்கள் மூடிக் கொண்டவுடன், கூட்டிக்கிள் மூலம் நடைபெறும் நீராவிப் போக்கைக் கட்டுப்படுத்துதல் வறட்சித் தாங்கலுக்கு முக்கியம். பல வறட்சித் தாவரங்களில் கூட்டிக்கிள் மூலம் நடைபெறும் நீராவிப் போக்கு மிகமிகக் குறைவு அல்லது கிடையவே கிடையாது.

III. வறட்சித் தாங்கல் செயல்முறை (Drought resistance mechanisms): மேலே கூறியபடி பல அமைப்புப் பண்புகள் (Structural features) வறட்சித் தாங்கலுக்குக் காரணமாக இருக்கின்றன. எனினும் வறட்சித் தாங்கல் செயல்முறை பற்றித் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. எனினும் ஒரு சில கொள்கைகள் இதைப்பற்றி விளக்க முற்பட்டுள்ளன.

(i) இல்ஜின் (Ilgin 1931, 1935) என்பவரின் காயக் கொள்கைப்படி (Mechanical injury theory) வறட்சித் தாங்கல் செயல்முறை பின்வருமாறு விளக்கப்படுகிறது: செல்கள் காய்ந்து மீண்டும் நீர் கொடுக்கும்பொழுதும் அவற்றில் ஏற்படும் வெளிப்படையான காயங்கள்தான் வறட்சியினால் ஏற்படும் காயங்களுக்குக் காரணம்; நீர் இழப்பினால் அல்ல. செல் காயும்பொழுது, வாக்வோல் சுருங்கி உள்நோக்கிய இழுப்பு (Pull) புரோட்டோ பிளாஸத்தில் ஏற்படுகிறது. அதே சமயத்தில் செல்லின் உறை (இதனுடன் புரோட்டோ பிளாஸம் இணைந்திருக்கிறது) வெளிநோக்கிய இழுப்பை உண்டாக்குகிறது. இதன் விளைவாக புரோட்டோ பிளாஸத்தில் காயங்கள் ஏற்பட வாய்ப்பிருக்கிறது. இதிலிருந்து புரோட்டோ பிளாஸம் தப்பித்தால் கூட, டிபிளாஸ்மோலிஸிஸ் ஏற்படும்பொழுது அது மிகவும் பாதிக்கப்படுகிறது. வறட்சித் தாங்கல் உடைய தாவரங்களில் புரோட்டோ பிளாஸம் மேற்கூறிய விளைவுகளையெல்லாம் பெறுவதில்லை. இல்ஜினின் கொள்கையைப் பற்றி விளக்கம் செய்த லெவிட் (Levitt 1956) இக் கொள்கையான கீழ்க்கண்ட ஆதரவுகளைக் குறிப்பிடுகிறார்: (i) வறட்சி நிலைமையில் செல் சுருங்குதல்; உறையுடன் புரோட்டோ பிளாஸம் உள்நோக்கி இழுக்கப்படுதல், (ii) மிக அதிகமான விசைகள் (tensions) தோன்றுதல், (iii) பிளாஸ்மோலிஸிஸ் நடைபெறும் பொழுது கிழிந்த புரோட்டோ பிளாஸம் தென்படுதல், (iv) எளிதாக விளக்கக்கூடிய அளவில் இக் கொள்கை இருத்தல்.

ஸ்டாக்டர் (Stocker 1947) கூற்றுப்படி வறட்சித் தாங்கல் புரோட்டோ பிளாஸத்தின் விஸ்கஸ் தன்மையால் செயற்படலாம் என்று தெரிய வருகிறது. இந்த விஸ்கஸ் தன்மை வேறுபாட்டுக்கு கால்சியம்—பொட்டாசியம் விழுக்காடுதான் காரணம் என்று அவர் கூறுகிறார். கால்சியம்—பொட்டாசியம் விழுக்காட்டில் ஏதாவது மாற்றம் இருந்தால், புரோட்டோ பிளாஸத்தின் விஸ்கஸ் தன்மையும் மாறுபட்டு வறட்சித் தாங்கலின் அளவு வேறுபடுவதற்கு ஏதுவாகிறது.

சைமோனிஸ் (Simonis 1952) மேற்கூறிய கருத்தை ஆதரிக்க வில்லை. தற்பொழுது கிடைத்துள்ள ஆராய்ச்சி முடிவுகளால், வறட்சித் தாங்கல் வளர்சிதை மாற்றங்களின் விளைவுதான் என்று கூறச் சரியான ஆதாரங்கள் கிடையாது. இல்ஜினின் கொள்கை உண்மையாக இருக்கலாம் என்று நினைக்க வாய்ப்பிருக்கிறது. எனினும் ஒப்பன்ஹைமர் கூற்றுப்படி, இல்ஜினின் கொள்கை எல்லா வகையான வறட்சித் தாங்கலையும் விளக்கமுடியாது.

கனிம வட்டம்

1. தாவரங்களின் கனிம ஊட்டம் பற்றிய வரலாறு

(Mineral Nutrition in plants—Historical Account)

மனிதன் வாழ உணவே முக்கிய பிரச்சினையாக இருக்கிறது. இவ்வுணவைப் படைக்க மனிதன் பல்வேறுபட்ட தாவரங்களை நம்பியுள்ளான். வாழ்க்கைக்கும் இத் தாவரங்களையே நம்பி யுள்ளான் என்று கூறினுல் மிகையாகாது. பண்டைக்காலம் தொட்டு இத் தாவரங்களின் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தும் காரணிகளின் உண்மை நிலையை அறிவதற்குப் பல முயற்சிகள் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு வந்தன. அதில் நிலத்தை உழுவதும் உரமிடுவதும் மிக முக்கியமெனக் கருதப்பட்டது. பண்டைய காலத்து விவசாயியும் கூட ஒரே பயிரை மீண்டும் மீண்டும் பயிர் செய்தால் மண் வளம் பெருகுவதில்லையென்றும், அதிக விளைச்சல் காண்பதில்லை என்றுமறிந்தான். எனவே, விளைச்சலைப் பெருக்க மண்ணின் சக்தியையும், எந்தப் பயிருக்குப் பின்னுல் எந்தப் பயிர் விளைவித்தால் வளம் பெருகும், மற்றும் விளைச்சலும் பெருகுமென 'பயிர்ச் சுழற்சி' (Rotation of crops) உபயோகத்தின் மூலம் அறிந்தான். லெகுமினஸ் (Leguminous) பயிரைப் பயிர் செய்தால் ஏதோ ஒரு வகையில் மண்ணின் வளம் அதிகரிக்கிறதென்றும் அறிந்திருந்தான். தாவரத்தின் வளர்ச்சி, சூழ்நிலையைப் பொறுத்து மிருக்கிறது என்பதைத் தெரிந்து சூழ்நிலைக் காரணிகளில் சிற்சில மாற்றங்கள் செய்து ஒழுங்குபடுத்தி விரும்பிய அளவு பலனை உருவாக்க முடியும் என்ற வகைக்கு விவசாயியின் அறிவு வளர்ச்சி அடைந்துள்ளது. தாவர சூழ்நிலையைப் பற்றிப் பல கோணங்களில் அறிந்ததின் நேரிடை விளைவே பண்ணை இயலில் (Farm science) பைட்டாட்ரான் (Phytotron) பற்றிய கருத்துத் தோன்றுவதற்கு ஆதாரமாக இருந்தது. (ஒரு குறிப்பிட்ட இட அளவில் (Confined to a Limited space) ஒவ்வொரு காரணிகளையும் மற்றக் காரணி களிலிருந்து கட்டுப்படுத்திப் பயிர் செய்யும்முறை). இம் முறையை உபயோகித்து அதிக அளவில் பயிரிட முயற்சிகள் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

தாவரச் சூழ்நிலைக்கு இன்றியமையாதது அது வேரூன்றி இருக்கும் மண்ணும் காற்று மண்டலமும் ஆகும். தாவரத்தின் நலத்திற்குத் தண்ணீரும் முக்கியமானது என்பதையும் மறுக்க முடியாது. தாவரம் காற்று மண்டலத்திலிருந்து எவற்றை எடுத்துக் கொள்கிறது? மண்ணிலிருந்து அது பெற்றுக் கொள்ளுவது என்ன? தாவரத்தின் உயிர் வாழ்க்கையில் நீரினது உண்மையான பங்கு என்ன? தாவரத்தின் உறுப்புகளை தாவரச் சூழ்நிலை எவ்வளவு தூரம் உருவாக்குகிறது என்பது பற்றிய கேள்விகளுக்கு வான்ஹெல்மாண்ட் (Van Helmont) என்பாருடைய பரிசோதனைகள் மூலம் விடை தெரிகிறது. அவர் அடுப்பினுல் உலர்த்தப்பட்ட (Oven dried) 200 பவுண்டு மண்ணை ஒரு தொட்டியில் நிரப்பி, அதை மழை நீரால் ஈரமாக்கி அதில் 5 பவுண்டு எடையுள்ள வில்லோ மரத்தின் (Salix sp) தண்டை நட்டு வைத்தார். 5 வருட வளர்ச்சிக்குப் பிறகு அம்மரம் 169 பவுண்டு 3 அவுன்சு எடையுள்ளதாக இருந்தது. இம்மரம் இத்தனை காலமும் மழை நீரை மட்டுமே பெற்று வளர்ந்தது. அதோடு தொட்டியின் மேல் பாகமும் மூடப்பட்டு புழுதிபடாமல் காக்கப்பட்டு இருந்தது. மற்றும் அத் தொட்டியில் இருந்த மண்ணை எடையிட்டுப் பார்த்ததில் அதனுடைய எடை 200 பவுண்டில் 2 அவுன்சு குறைவாக இருந்தது. அதாவது 2 அவுன்சு எடையை இழந்திருந்தது என அறியப்பட்டது. ஆகவே வான்ஹெல்மாண்ட் அச் செடியினது எடை முழுமையும் நீரினுல் வந்ததே அன்றி மற்றெந்த விதச் சக்தியினுலுமல்ல என்ற முடிவுக்கு வந்தார். ராபர்ட் பாயில் (Robert boyle) என்பவரும் குகர்பிட்டா (Cucurbita) செடியைப் பயன்படுத்தி இதே மாதிரி பரிசோதனை செய்து இது மாதிரி விளைவுகளையே பெற்று இதே முடிவுக்கு வந்தார். காற்றிலிருந்து தாவரம் பெற்றுக்கொள்ளும் பொருள்களுடைய பங்கு என்ன? மண்ணின் எடை 2 அவுன்சு குறையக் காரணமென்ன? என்ற கேள்விகளுக்கு விளக்கமில்லாததால் இவர்களுடைய முடிவுகளைச் சரியானதாகக் கொள்வதற்கில்லை.

1656 ஆம் ஆண்டு கிளாபர் (Glauber) என்பவர் கால்நடை எருவிலிருந்து கிடைக்கும் வெடியுப்பு, தாவர வளர்ச்சிக்கு ஊக்கமளிக்கிறதெனக் கண்டுபிடித்தார். மண்ணின் வளமும் எருவின் தரமும் உயர்வதற்கு வெடியுப்புதான் காரணம் என்ற முடிவிற்கும் வந்தார். இந்த முடிவு ஜான்மேயோ (John mayow) என்பவரால் ஆதரிக்கப்பட்டது. இவர் வருடத்தின் பல பருவங்களில் (Seasons) மண்ணில் உள்ள வெடியுப்பின் அளவை மதிப்பிட்டார். அது சமயம் இளவேனிற் காலத்தில் தாவரங்கள் வளர ஆரம்பிக்கும்பொழுது வெடியுப்பு அதிக அளவில் கிடைக்கிறதென்றும், மண்ணில் உள்ள வெடியுப்பு முழுவதையும் தாவரங்கள்

எடுத்துக் கொள்வதால், தாவரங்கள் அதிகமாக வளரும் மண்ணில் அவை காணப்படுவதில்லையென்றும் தெரிவித்தார்.

1699 ஆம் ஆண்டில் ஜான் உட்வர்டு (John woodward) என்பவர் ஒரு பரிசோதனையை நடத்திக் காட்டினார். அவர் மென்தா (Mentha) செடிகளை (1) மழை நீர் (2) தேம்ஸ் நதிநீர் (3) ஹைட் பார்க் (Hyde park) கால் வாயின் கழிவுநீர் (4) கழிவு நீரும் அங்ககப் பொருள்கள் அடங்கிய தோட்டமண் ஆகிய இவைகளில் தனித் தனியே வைத்துப் பயிர் செய்தார். சுமார் 77 நாள்கள் கழித்து அத் தாவரங்களை எடையிட்டதில் அவைகளின் எடை முறையே ஒன்றுக்கொன்று ஏறுமுகமாக (Ascending order) அதிகரித்திருப்பதைக் கண்டு பிடித்தார். அதாவது மழை நீரில் வளர்ந்த செடி மிகக் குறைந்த அளவு எடை உடையதாகவும், கழிவுநீரும் அங்ககப் பொருளும் அடங்கிய தோட்ட மண்ணில் வளர்ந்த செடி மிக அதிகமான எடை உடையதாகவும் இருப்பது தெரியவந்தது. எல்லாச் செடிகளும் அதிக அளவில் நீரை உட்கொண்டிருந்தாலும் நான்காவது வகையில் வளர்ந்த செடி மட்டுமே கூடுதல் எடையுள்ளதாய் இருந்ததால் செடிகளின் வளர்ச்சி வண்டல் மண்ணைப் பொறுத்திருக்கவேண்டும் எனத் தெரிந்தது. மேலும், நிலத்திலிருந்து கிடைக்கும் குறிப்பிட்ட சில பொருள்களை உறிஞ்சுவதுதான் வளர்ச்சிக்குக் காரணம் எனக் குறிப்பிட்டதுடன் தாவரத்தின் வளர்ச்சிக்கு முக்கிய காரணமாக நீர் (Water) இருக்க முடியாது என்ற முடிவுக்கும் வந்தார். ஸ்டீபன் ஹேல்ஸ் (Stephen hales) என்பவர் 1727 ஆம் ஆண்டில் தாவரங்களின் அமைப்புக்குக் காற்றினுடைய பங்கும் உண்டு எனத் தெரிவித்தார்.

1731-ல் ஜெத்ரோடல் (Jethrotull) என்னும் ஆங்கிலேயர், எல்லாத் தாவரங்களும் மென்மையான மண் துகள்களால் உயிர் வாழ்கின்றன என்றும், வேர்கள் பருமனாகும்போது ஏற்படும் ஒரு அழுத்தத்தினால் மிகச் சிறியமண் துகள்கள் வேர்களின் ''பால் வாய்களின் 'மூலமாக' (Through lacteal mouths of roots) உட்செல்கின்றன என்றும், நிலத்தைப் பண்படுத்துவது தாவரத்தின் உணவு வாய்ப்புகளை அதிகரிக்க உதவுகிறதென்றும் 'பயிர்ச் சுழற்சி முறை' இன்றியமையாததன்று, ஆனால் வசதியானதென்றும், வெட்பதட்ப நிலையும் ஈரத் தன்மையும் சரியான அளவில் இருந்தால் எவ்வகை மண்ணும் எவ்வித தாவரத்தையும் உணவூட்டி வளர்க்குமென்றும், உரமிடுவதால் நிலத்தின் தன்மை சிறப்புற்று தாவரங்களின் வளர்ச்சி அதிகரிக்கிறதென்றும் கருத்துக் கொண்டிருந்தார் (1) நைட்டர் (Niter) (2) நீர் (3) காற்று (4) நெருப்பு (5) பூமி ஆகியவை தாவர விருத்திக்கு ஏதோ சில

வகையில் உதவுகின்றன என்று ஒத்துக் கொள்ளப்பட்டது. ஆனால், இவைகளில் எது அந்த விருத்திக்குக் காரணம் அல்லது உணவு என்பதுதான் சர்ச்சைக்குரியதாக உள்ளது என்ற ''டல்'' (Tull) அவர்களின் கூற்றிலிருந்து அக் காலத்தில் தாவர வளர்ச்சி சம்பந்த மாக நிலவிவந்த கருத்தை உணரலாம்.

18 ஆம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியில் விஞ்ஞானிகள் பலர் விவசாயத்தில் அதிக கவனம் செலுத்தினர். 1755-ல் ஹோம் (Home) என்ற ஓர் ஆங்கிலேய வேதியியல் வல்லுநர் (Chemist) வெடியுப்பு, எப்ஸம் உப்பு, பொட்டாஷியம் சல்பேட் ஆகியவை தாவர வளர்ச்சியை அதிகரிக்கின்றன என்பதைக் கண்டுபிடித்தார். இவருடைய கண்டுபிடிப்பு முதலில் மேலாகப் பார்க்கும்பொழுது அவ்வளவு முக்கியமானதாகத் தோன்றாவிட்டாலும் உண்மையி லேயே மிகமிக முக்கியமானது. காரணம், தாவரங்களின் வளர்ச்சி ஏதோ ஒரு காரணியின் விளைவினால் அல்லாமல் பல காரணங்களின் விளைவால் ஆனதே. மேலும், தொட்டியில் பயிர் செய்யும் முறை (Pot Culture) தாவர பகுப்பாராய்ச்சி முறை (Plant analysis) ஆகிய இரு வழிகள் மூலமும் தாவர ஊட்டத்தைப் பற்றி அறியலாமென்றும் ஹோம் கூறினார்.

1770—1800 ஆண்டுகளுக்கிடையில் காற்றில் தாவர இனத்தினால் ஏற்படும் விளைவுகள் பற்றி அறியும் பணி நடை பெற்றது. 1775-ல் ஜோஸப் பிரிஸ்ட்லி (Joseph Priestly) என்பவர் தூய்மையற்ற காற்றில் (Vitiated air) மென்தா தளிர்களின் விளைவுகளைப் பற்றி ஆராய்ச்சி செய்தார். அந்த ஆராய்ச்சியின் விளைவாக மென்தா தளிர்கள் காற்றைச் சுத்திகரிக்கிறதென்பதைக் கண்டுபிடித்தார். பிராணிகள் சுவாசித்ததினால் காற்று தூய்மை யற்ற நிலையை அடைவது போலல்லாமல் தாவரங்கள் காற்று மண்டலத்தைத் தூய்மையாகவும் உயிரினங்கள் வாழ்வதற்கு ஏற்றதாகவும் வைத்திருக்கின்றன என்ற முடிவிற்கு வந்தார். ஆனால் அவர் ஆக்ஸிஜன் (Oxygen) என்னும் வாயுவைக் கண்டு பிடிக்கவில்லையாகையால் அவர் தன் கண்டுப்பிடிப்பை விளக்கிக் கூறமுடியவில்லை. பிறகு 1779-ல் இன்ஜென் ஹவுஸ் (Ingen housz) என்பர் பிரிஸ்ட்லி கண்டுபிடித்த ''காற்றைச் சுத்தமாக்கும் முறை'' வெளிச்சத்தில் மட்டும் நடைபெறுகிறதென்றும் இருளில் தாவரங்களும் பிராணிகளைப் போலவே காற்றைத் தூய்மையற்ற தாக ஆக்குகின்றன என்றும் கூறினார். ஜீன் செனிபியர் (Jean Senebriar) என்பவர் மேலும் ஆராய்ந்து தாவரங்கள் காற்றி லிருந்து ஏதோ ஒன்றைப் பெறுகிறது என்றும் அதுதான் தாவரங் களின் வளர்ச்சிக்கு அடிப்படைக் காரணமாக உள்ளது என்றும்

கண்டுபிடித்தார். அவர் அதனை நிலையான காற்று (Fixed air எனப் பெயரிட்டார்.

1800 முதல் 1880 வரையில் உள்ள காலத்தில் வேதியியல் துறையில் ஏற்பட்ட மிக வேகமான முன்னேற்றத்தின் விளைவாகக் கிடைத்த தகவல்கள் மண் மற்றும் செடிகளின் வளர்ச்சி பற்றிய ஆராய்ச்சியில் உபயோகப்படுத்தப்பட்டன. இந்த ஆராய்ச்சியில் டி சாஸர் (De Saussure), லீபிக் (Liebig) என்பவர்களுடைய பெயர்கள் மிகப் பிரசித்தமாகியது. கார்பனைப் போலவே நீரின் மூலகங்களும் ஒரேகாலத்தில் தாவரத்தில் நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன என்றும், நைட்டிரேட்டுகளையும் கனிமப் பொருள்களையும் (Mineral matters) எடுத்துக் கொள்ளுவதுதான் தாவரங்களின் ஊட்டமாகுமென்றும் தாவரங்களில் உள்ள நைட்ரஜன், லீபிக் கூறியதுபோல் காற்றிலிருந்து அல்லாமல் நிலத்திலிருந்து கிடைக்கிறதென்றும், வேரானது நீரையும் அதனுடன் கரைந்துள்ள பொருள்களையும் உறிஞ்சிக் கொள்கிறதென்றும் தாவர சாம்பலின் அமைப்பு நிலத்தின் தன்மையைப் பொறுத்தும், தாவரத்தின் வயதைப் பொறுத்தும் மாறுபடுகிறதென்றும் டீ சாஸர் விளக்கினார். ஆனால் டீ சாசருடைய கருத்துகள் அதே காலத்திய பிற விஞ்ஞானிகளால் ஏற்றுக் கொள்ளப்படவில்லை. ஏனெனில் மண்ணில் உள்ள அங்கக மட்குகளிலிருந்து (Humus) கார்பனைத் தாவரங்கள் பெறுகிறது என்பதை அவர்கள் கருத்தாகக் கொண்டிருந்தனர். 1840-ல் லீபிக் மண்ணில் கிடைக்கும் வடிவத்தில் உள்ள அங்கக மட்கானது தாவரங்களுக்கு மிகச் சிறிய அளவு கூட ஊட்டத்தை அளிப்பதில்லை என்று கூறினார். கார்பன் மற்ற வழிகளிலிருந்துதான் கிடைக்கவேண்டும். அது நிலத்திலிருந்து கிடைப்பதில்லை. அதைக் காற்று மண்டலத்திலிருந்துதான் பெறப்படவேண்டுமென அவர் வாதாடினார். காற்றில் "கார்பன்டை ஆக்ஸைட்—ஆக்ஸிஜன் சமநிலையை" நிலை நிறுத்துவதில் தாவரத்தின் பங்கு மிக முக்கியமானது என்பதை அவர் கண்டார். ஆனால், அவர் அங்கக மட்கினுடைய பங்கைப் பற்றிக்கொண்டிருந்த கருத்து ஓரளவுக்குத் தவறானது. ஏனென்றால் தாவரங்கள் இளமைப் பருவத்தில் கார்பன்டை ஆக்ஸைடை அங்கக மட்கிலிருந்து பெற்றுக் கொள்கிறதென்று அவர் நினைத்ததேயாகும். அங்ககக் கூட்டுப் பொருள்கள் உண்டாவதற்குத் தேவையான ஹைட்ரஜன் நீரிலிருந்து கிடைக்கிறதென்றும் நைட்ரஜன் காற்றிலிருந்தோ அல்லது மண்ணிலிருந்தோ அம்மோனியா என்ற வாயுவாகக் கிடைக்கிறதென்றும் லீபிக் சொன்னார். மேலும், கனிம ஊட்டத்தைப் பற்றி அவர் கொண்டிருந்த கருத்து என்னவெனில் தாவரத்தின்

வேர்கள் மண் கரைசலில் உள்ள எல்லாப் பொருள்களேயும் எந்தவிதப் பாதுபாடும் காட்டாமல் உறிஞ்சிக் கொள்கின்றன என்பதாகும். மக்னீஸியமும் பாஸ்பேட்டும் விதை உண்டாக்கு வதற்குத் தேவை. அங்கக அமிலங்களின் விளைவுகளை மட்டுப் படுத்தக் (Neutralise) காரங்கள் தேவை. சோடியம் க்ளோரைட் பொட்டாசியம் சல்பேட், பொட்டாசியம் க்ளோரைட் போன்ற பொருள்கள் பல தாவரங்களுக்குத் தேவையான பகுதிப் பொருள் களாக இருந்தன. மண்வளத்தை நிலைநிறுத்தப் பயிர்களால் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட மூலகங்கள் யாவும் மண்ணிற்குத் திரும்பவேண்டுமென்று கருத்துகொண்டார். ரசாயன உரங்களை உபயோகிக்கும் காலம் வெகு தொலைவில் இல்லை என்று முன்ன றிந்து கூறினர். தாவரங்களின் ஊட்டத்திற்குக் கனிமங்கள் தேவை என்பதை அவரால் அறிவிக்கப்பட்ட பின்வரும் சொற் றொடர் விளக்குகிறது. ''ஒரு நிலத்தில் உள்ள பயிர்களின் அளவு கூடுவதோ குறைவதோ அப் பயிர்களுக்கு உரங்களிலிருந்து கிடைக்கும் குறைவான அல்லது கூடுதலான கனிமப்பொருள்களின் அளவைப் பொறுத்தது. மற்றக் கனிமங்கள் கிடைக்கும் அளவை விடக் குறைந்த அளவில் உள்ள கனிமத்தால் கூடத் தாவரத்தின் வளர்ச்சி பாதிக்கப்படும்.'' இந்தக் கோட்பாட்டைத் தன்னுடைய மிகப் பிரசித்தமான ''லா ஆப் மினிமம்'' (Law of minimum) மூலம் விளக்கினர். அதாவது மற்ற எல்லா மூலகங்கள் இருந்தும் மிகத் தேவையான ஒரு மூலகம் குறைந்தோ அல்லது இல்லாமற் போனல், குறிப்பிட்ட அந்த மூலகம் தேவைப்படுகின்ற தாவரங் களுக்கு அந்த நிலம் உபயோக மற்ற தரிசு நிலமாகும் என்ப தாகும்.

தாவரங்கள் காற்று மண்டலத்தில் உள்ள அம்மோனியாவி லிருந்து நைட்ரஜனைப் பெறுகின்றன என்றும் டர்னிப் (Turnip) செடியின் சாம்பலில் குறைந்த அளவில் பாஸ்பரஸ் இருந்த மையால் அச் செடிக்கு பாஸ்பரஸ் குறைந்த அளவில்தான் தேவை யென்றும் லீபிக் கொண்டிருந்த கருத்தைத் தவறு என்று 1843-ல் லாவெஸ் (Lawes), கில்பர்ட் (Gilbert) ஆகியவர்கள் கூறினர்கள். 1855-ல் கீழ்க்கண்ட முடிவுகள் தெளிவாயின. (1) தாவர சாம்பலின் கூட்டமைப்பிலிருந்து ஒரு தாவரத்திற்கு ஒவ்வொரு மூலகமும் எவ்வளவு தேவை என்பது பற்றித் தெரியவில்லை. (2) லெகுமினஸ் இனம் அல்லாத தாவரங்களுக்குச் சில நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்கள், நைட்ரேட்டுகள், அம்மோனியம் உப்புகள் ஆகியவை தேவையாக இருக்கின்றன. (3) செயற்கை உரங்களைக் கொண்டு சில ஆண்டுகளுக்கு மண் வளத்தைப் பாதுகாக்கலாம்.

இத் தருணத்தில் வே (way) என்பவர் மண்ணின் காரபரிமாற்றக் (Base exchange) குணங்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி நடத்தினர். இதன் விளைவாக மண்ணில் உள்ள கலவைப் பொருள்களில் முக்கியமானது களிமண் என்றும், பரிமாற்றத்திற்குரிய காரங்கள் களிமண்ணோடு இணைந்துள்ளது என்றும் கண்டுபிடித்தார்.

தாவரங்களின் நைட்ரஜன் ஊட்டம் பல ஆண்டுகளாக தர்க்கத்திற்குரிய பிரச்சினையாகவே இருந்தது. தாவரங்கள் அம்மோனியாவை எடுத்துக் கொண்டன என்று வீபிக் கொண்டிருந்த கருத்தை லாவேஸ், கில்பர்ட் போன்றவர்கள் 1861-ல் ஏற்றுக் கொண்டனர்.

1858ஆம் ஆண்டு லக்மன் (Lachmann) லெகுமினஸ் தாவரங்களின் வேர் முடிச்சுகளில் உயிரினங்கள் இருப்பதைக் கண்டார். 1885-ல் பர்த்லாட் (Berthelot) என்பவர் மண்ணில் உள்ள சில உயிரினங்கள் காற்று மண்டலத்தில் உள்ள நைட்ரஜனை மண்ணில் நிலைநிறுத்துகின்றன என்று விளக்கினர். பிறகு ஹெல்ரீகல் (Hellriegel), வில்பார்த் (Wilfrath) ஆகியவர்கள் நைட்ரஜன் ஊட்டத்தைப் பொறுத்த மட்டில் லெகுமினஸ் தாவரத்திற்கும் அதன் வேர் முடிச்சில் உள்ள உயிரினங்களுக்கும் ஓர் உறவு இருப்பதாக எடுத்துக் கூறினர். 1888–ல் பெய்ஜெரின்க் (Beijerinck) என்பவர் அந்த உயிரினங்கள் என்ன என்பதைக் கண்டறிந்தார். 1880-ல் தாவரங்களின் ஊட்டத்தைப் பற்றிய கீழ்க்கண்ட உண்மைகள் தெளிவாயின. (1) தாவர இனத்தைக் கால வரையின்றித் தாங்கும் சக்தி மண்ணிற்கு உண்டு. (2) மண்ணே பாறைகளிலிருந்து ஆக்கப்பட்டது. இருப்பினும் பொடி செய்யப்பட்ட பாறைகள் (Pulverized rock) மண்ணாகாது. (3) பருவ நிலைகள் மண்ணில் ரசாயன மாற்றங்களை உண்டு பண்ணுகின்றன. (4) கனிமங்கள் தாவர வளர்ச்சிக்குத் தேவை. (5) கனியங்கள் மண்ணிலிருந்து கிடைக்கின்றன. (6) தாவரங்களால் உறிஞ்சப்படும் கனிமப் பொருள்கள் மண்ணின் ஒரு பகுதியிலிருந்து கிடைக்கின்றன. (7) நீரை உட்கொள்ளுதல் ஆஸ்மாஸிஸ் தத்துவமாகும். (8) தாவரத்தினல் உறிஞ்சப்படும் கனிமப்பகுதிப் பொருள்களின் விகிதம் அவைகள் மண்ணில் கிடைக்கும் விகிதத்திலிருந்து மாறுபடுகின்றது. (9) மழையும் வெப்பதட்ப நிலையும் தாவர வளர்ச்சியில் முக்கிய பங்கு கொண்டுள்ளன. (10) தாவர வளர்ச்சி மேம்பட மண்ணை முன் கூட்டியே பண்படுத்தலாம்.

தற்சமயம் அயனி உட்கொள்ளும் கோட்பாடு மற்றும் கனிம உட்கொள்ளுதலில் முக்கிய காரணியாக உள்ள காரபரிமாற்றக் கோட்பாடு ஆகியவை வலுவடைந்துள்ளன. இந்த வரலாறு தாவர ஊட்டத்தைப்பற்றி மேலும் அறிய உதவும்.

2. முக்கிய மூலகங்களின் இருப்பு, இருப்பை அறிதல், அவை தாவரங்களுக்குக் கிடைத்தல்

(Occurrence, detection and availablity of essential elements)

1. முன்னுரை

ஆதிகாலத்தில் வேளாண்மைத் தொழிலில் ஈடுபட்டவர்கள் நிலத்திற்குத் தாவரங்களின் குப்பை, விலங்குகளின் கழிவுகள் (excreta) போன்றவற்றைத் தாவரங்கள் வளரும் நிலத்தில் சேர்த்தால் அவை நன்ருக வளர்கின்றன என்பதைக் கண்டறிந் திருந்தனர். நிலத்தில் உள்ள மூலகங்களையும் கனிமங்களையும் தாவரங்கள் தம் வளர்ச்சிக்காக நம்பியிருக்கின்றன என்பதை முதன்முதலில் டிசாசுர் (De-saussure) என்பவர் 1804-ல் தன்னுடைய புத்தகமான 'Recherches chimiques sur la vegetation' என்பதில் கூறியுள்ளார். எனினும் இக்கருத்தை லீபிக் (Liebig 1840) என்பவர் ஆதரித்தபோதுதான் கனிமங்கள் தாவர வளர்ச்சிக்கு முக்கியம் என்பதைப் பலர் நம்பினர்.

2. தாவரங்களில் காணப்படும் மூலகங்களின் வகைகள்

(a) சாம்பல் ஆய்வு (ash analysis)

இதனை எளிதாக சாம்பல் பரிசோதனை மூலம் அறியலாம். தாவரங்களை எரித்துவிட்டு அவற்றின் சாம்பலை வேதியியல் முறையில் ஆராய்ந்தால் என்னென்ன மூலகங்கள் இருக்கின்றன எனத் தெரியவரும். திசுக்களைக் கிட்டத்தட்ட 100°C-ல் காய வைத்துப் பின்னர் ஆய்வு செய்யவேண்டும் (Analysis). இந் நிலையில் நீர் ஆவியாகிவிடும் (இது கிட்டத்தட்ட 90 சதவிகிதத்தில் இருந்து 5 சதவிகிதம் வரை இருக்கலாம்). ஒருசில தாவரங்களில்

சாம்பல் 90 சதவிகிதம் காணப்படுகிறது; ஒருசில சதைப்பற்றுள்ள தாவரங்களில் 5 சதவிகிதம்தான் சாம்பல் இருக்கிறது. பின்பு இந்தச் சாம்பலைக் கிட்டத்தட்ட 600°C–ல் வைத்து உஷ்ணப் படுத்தினால் மிகவும் குறைந்த அளவு, கரும் வெண்மை (grayish) நிறமான பொருள் மிஞ்சும். இதையே ash (சாம்பல்) என்பர். பெரும்பாலான அங்ககப் பொருள்கள் இதனால் சிதைவடை கின்றன. மிச்சம் இருப்பது கிட்டத்தட்ட மண்ணிலிருந்து உறிஞ்சப்பட்ட கனிமங்களைக் குறிக்கும். வாயுவடிவ மூலங்க ளான நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், கார்பன் போன்றவை இந்தச் சாம்பலில் காணப்படுவதில்லை. சாம்பலில் கனிம மூலகங்கள் தம்முடைய உண்மையான நிலையில் இல்லாமல் ஆக்ஸைடாக இருக்கின்றன.

சாம்பல் ஆய்வு முறையால் நிர்ணயம் செய்யப்பட்ட மூலகங்களின் அளவு, சாம்பலை உண்டாக்கும் வெப்பநிலையை ஓர் அளவிற்குப் பொறுத்தது. ஏனெனில் அதிக வெப்ப நிலையில் ஒருசில மூலகங்கள் நேரடி ஆவியாதலாலோ (Sublimation), ஆவி யாதலாலோ (Vaporisation) இழக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, குளோரின் (Chlorine), கந்தகம் (Sulphur) போன்றவைகள் எப்பொழுதும், பொட்டாசியம், கால்சியம், பாஸ்பரஸ், போன்றவை ஒரு சில சமயங்களிலும் மேற்கூறிய முறையில் இழக்கப்படுவதுண்டு. எனவே, சாம்பல் ஆய்வு ஓரளவுக்குத் தான் உண்மையான மூலக அளவினைக் குறிக்கும்.

ஒரு தாவரத்தின் சாம்பலின் (ash) அளவு உலர் எடையில் (dry wieght) 1 சதவிகிதத்திலிருந்து 15 அல்லது மேற்பட்ட சதவிகிதமாக இருக்கும். சதைப்பற்றுள்ள பொருள்கள் பொது வாகக் குறைவான சாம்பல் அளவினையும், இலைகள் பொதுவாக அதிகச் சாம்பல் அளவினையும் கொண்டுள்ளன.

(b) தாவரங்களில் காணப்படும் மூலகங்கள்

எந்த ஒரு மூலகமும் ஒரு சிறிதாவது (trace) தாவரத்தில் இருக்க வேண்டும் என்று நம்புவதில் தவறு ஒன்றும் இல்லை. எனினும், கிட்டத்தட்ட 40 மூலகங்கள் (தெரிந்த மூலகங்களில்) தான் இதுவரை தாவர சாம்பலில் இருப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. இவற்றில் கிட்டத்தட்ட 15 தான் எப்பொழுதும் தாவரங்களில் காணப்படுகின்றன (அட்டவணை 1)

அட்டவணை-1

மக்காச்சோளத் தாவரத்தின் சாம்பலில் காணப்படும் மூலகங்கள்

மூலகம்	எடை, கிராமில்	மொத்த உலர் எடை சதவிகிதம்
கார்பன்	364·19	43·569
ஆக்ஸிஜன்	371·42	44·431
ஹைட்ரஜன்	52·17	6·244
நைட்ரஜன்	12·19	1·459
கந்தகம்	1·416	0·167
பாஸ்பரஸ்	1·697	0·203
பொட்டாசியம்	7·679	0·921
கால்சியம்	1·893	0·227
மக்னீசியம்	1·525	0·179
இரும்பு	0·714	0·083
மாங்கனீசு	0·269	0·035
சிலிக்கான்	9·756	1·172
அலுமினியம்	0·894	0·107
குளோரின்	1·216	0·143
நிர்ணயம் செய்ய முடியாதது	7·8	0·933

இடத்திற்குத் தகுந்தவாறும், தாவரங்களுக்குத் தகுந்தவாறும் சாம்பலின் மூலகங்கள் வேறுபடுகின்றன. உதாரணமாக அட்டவணை 2-ல் ஒரே மண்ணில் வளர்ந்த நான்கு தாவரங்களின் சாம்பல்களில் காணப்படும் ஒரு சில மூலகங்களின் அளவு கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. அவற்றிற்கிடையே அளவு வேறுபாடு இருப்பதைப் பார்க்கலாம்.

அட்டவணை-2

லோம் மண்ணில் வளர்ந்த நான்கு தாவரங்களில் ஒருசில மூலகங்களின் அளவு

தாவரம்	கால்சியம்	பொட்டா சியம்	மக்னீ சியம்	நைட்ரஜன்	பாஸ்பரஸ்
சூரியகாந்தி	1·68	3·47	0 730	1·47	0·080
அவரை	1·46	1·19	0·570	1·48	0·053
கோதுமை	0·46	4·16	0·225	2·26	0 058
பார்லி	0·68	4 04	0·292	1·94	0·125

எந்த மண்ணில் தாவரம் வளர்கிறதோ அந்த மண்ணின் தன்மையும், வகையும் அதில் வளரும் தாவரத்தின் சாம்பலில் உள்ள மூலகங்களின் அளவை ஓரளவுக்குப் பாதிக்கின்றன. இதற்குப் பல ஆதாரங்கள் இருக்கின்றன.

(c) ஊட்டக்கரைசல் சோதனைகள் (Solution culture experements)

தாவரங்களின் கனிமத் தேவைகளை அறிவதற்கான சோதனைகளை மண்ணைத் தளமாகக் கொண்ட தாவரங்களில் நடத்துவது சற்றுக் கடினமான காரியம் என்று தாவர இயல் வல்லுநர்கள் அறிந்தனர். உதாரணமாக, தாவரங்களுக்குத் தேவையான கனிமங்களை எல்லாம் மண்ணிலிருந்து நீக்கிவிட்டு, பின்பு அதில் கனிமங்களின் அளவைக் கட்டுப்படுத்தும் அளவில் புதிதாகச் சேர்த்துச் சோதனைகள் செய்ய முடியவில்லை. இதனை உணர்ந்து தான் ஊட்டக்கரைசல் சோதனைகளைச் செய்ய ஆரம்பித்தனர். இதன்மூலம் கனிமங்களின் அளவினையும், விகிதத்தையும் எளிதாகக் கட்டுப்படுத்த முடியும். மேலும், நீர் மிகச் சிறந்த கரைப்பானாக இருப்பதால் பல கனிம உப்புகள் எளிதில் கரைகின்றன. நீர்கெட ஆரம்பித்தால் அதனைக் கெடுக்கும் பொருள்களை நீக்குவதும் மிகவும் எளிது.

ஊட்டக்கரைசல் சோதனைக்காக உபயோகித்த பாத்திரங்களில் (கலன்களில்) போரோஸிலிகேட் கண்ணாடிப் பாத்திரங்களும், இயற்கையான பாலிதீன்களால் ஆன பாத்திரங்களும் மிகவும் பொருத்தமானவை. எனினும் இவற்றை உபயோகித்தாலும் ஓரளவுக்கு கலப்படம் நிகழலாம் (Contomination). உதாரணமாக, போரோஸிலிகேட் கண்ணாடிக் கலன்களை உபயோகிக்கும்பொழுது போரான்களும், பாலிதீன்களை உபயோகிக்கும் பொழுது மாலிப்டினமும், கோபால்ட்டும் கலப்படப் பொருள்களாக இருப்பதுண்டு. மேலும், இரும்பு மற்றும் வேறு உலோகங்களால் ஆன வாலைவடி நீர் தயாரிப்பு அமைப்புகளிலி (distilled water plant) ருந்து தயாரான நீரில் உலோகக் கலப்படப் பொருள்களான தாமிரம், துத்தநாகம், மாலிப்டினம் போன்றவை காணப்படலாம். எனவே, ஊட்டக் கரைசலுக்குத் தேவையான வாலைவடி நீரைக் கண்ணாடியால் ஆன வாலைவடி நீர்த் தயாரிப்பு அமைப்புகளில் தயாரிபபது அவசியம். அல்லது இத்தகைய நீரை எதிர்மின் அயனி, நேர்மின் அயனி பரிமாற்ற ரெஸின்களின் ஊடே செல்லவிட்டு, பின்பு சேகரிக்க வேண்டும்.

ஒவ்வொரு கிரியைப் பொருள்களின் (Reagents) தூய்மையினையும் உபயோகிக்கும் முன் சோதனை செய்யவேண்டும்.

முக்கியமாக அவற்றில் ஒருசிறிது காணப்படும் நுண் மூலகங்களின் பற்றுக்குறையை நிர்ணயம் செய்யவேண்டும்.

பெரும்பாலான வளர்ப்பு ஊட்டச் சோதனைகளில் நுண் மூல கங்களின் காரணமாகத்தான் கலப்படம் (Contamination) ஏற்படு கிறது.

மேற்கூறியவற்றை மனத்தில் வைத்துக் கொண்டு சோதனையை ஆரம்பிக்கும் முன் அடிப்படைக் கரைசலைத் (Stock soultion) தயாரித்துக் கொள்ளவேண்டும்; இதனைத் தாவர வளர்ச்சிக்குத் தேவையான மூலகங்கள் இருக்கின்ற உப்புகளைத் தகுந்த அளவில் கரைப்பதால் தயாரிக்கலாம். அடிப்படைக் கரைசலைத் தயாரித்த பின்னர், தகுந்த கலன்களை எடுத்து அவற்றில் உப்புகள் தகுந்த விகிதத்தில் சேர்க்கப்பட்ட ஊட்டக் கரைசலைத் தயாரிக்கலாம். பல வகையான ஊட்டக் கரைசல்கள் இதுவரை பயன்படுத்தப் பட்டிருக்கின்றன. அவற்றில் இரண்டு, அட்டவணை 3 அல்லது 4-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை-3

சாக்ஸின் ஊட்டக்கரைசல்

பொட்டாசியம் நைட்ரேட் Knoz)	2 கிராம்
மக்னீசியம் ஸல்பேட் ($Mgso_4$)	1 கிராம்
சோடியம் குளோரைடு (Nacl)	5 கிராம்
கால்சியம் ஸல்பேட் ($Caso_4$)	1 கிராம்
கால்சியம் பாஸ்பேட் [$Ca (po_4)2$]	1 கிராம்
இரும்பு ஸல்பேட் ($Feso_4$)	சிறிதளவு
நீர் (வாலைவடி) ($H_2{}^{\circ}$)	2 லிட்டர்

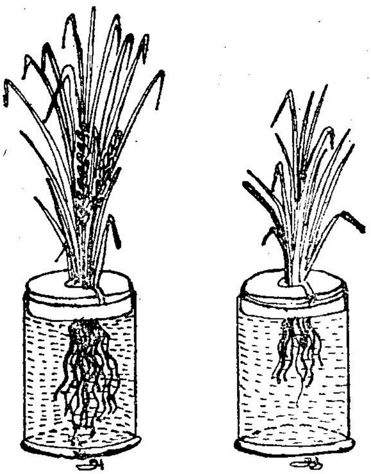
அட்டவணை-4

ஹெவிட்டின் (Hewict 1963) ஊட்டக்கரைசல்

பொட்டாசியம் நைட்ரேட்	0·505	கிராம்
கால்சியம் நைட்ரேட்	0·820	கிராம்
$Na\ H_2\ Po_4\ 2H_2{}^{\circ}$	0·208	கிராம்
மக்னீசியம் ஸல்பேட்	0·369	கிராம்
பெர்ரிக் சிட்ரேட்	0·0245	கிராம்
காப்பர் ஸல்பேட்	0·000240	கிராம்
மாங்சனீசு ஸல்பேட்	0·002230	கிராம்
துத்தநாக ஸல்பேட்	0·000296	கிராம்
$H_3\ B^{\circ}{}_3$	0·001860	கிராம்
$(N\ H_4)_6\ Mo_7{}^{\circ}{}_{24}\ 4H_2{}^{\circ}$	0·000035	கிராம்
$Co\ So_4\ 7\ H_2{}^{\circ}$	0·000028	கிராம்
சோடியம் குளோரைடு	0·005850	கிராம்
நீர் (வாலைவடி நீர்)	1 லிட்டர்	

ஒவ்வொரு சோதனையிலும் ஏதாவது ஒரு மூலகத்தை நீக்கிவிட்டு ஊட்டக்கரைசல் செய்து அதில் வளரும் தாவரங்கள் காட்டும் அறிகுறிகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இதனால் எந்த மூலகம் எப்படித் தாவரத்திற்குப் பயன்படுகிறது என்பதைப் பற்றி ஓரளவும், அதன் பற்றுக்குறையால் ஏற்படும் விளைவுகளையும் எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளலாம்.

இந்தச் சோதனைகளில் வேர்கள் முழுதும் நீரில் மூழ்கடிக்கப் படுகின்றன. ஊட்டக் கலன்களில் காற்றுப் பற்றுக்குறை, வேர்களுக்கு ஏற்படாமல் இருப்பதற்கு ஆக்ஸிஜன் செலுத்த வல்ல அமைப்பினைக் கலன்களில் உண்டாக்க வேண்டும்.



படம் 1
ஊட்டக்கரைசல் சோதனை.
அ. முறையாக உள்ள ஊட்டக்கரைசல்
ஆ. முக்கிய மூலகங்களில் ஒன்று நீக்கப் பட்ட ஊட்டக் கரைசல்

(d) ஊட்டக்கரைசல் சோதனைகள் (Sand cultures)

திரவத்தளத்தை விடத் திடதளமான மணல் அல்லது பொடியாக்கப்பட்ட குவார்ட்ஸ் (Quartz) தளத்தில் சோதனை நடத்துவதற்கு எளிதாக இருக்கிறது. எனினும் மணலைத் தூய்மைப் படுத்துவதில் பல பிரச்சினைகள் உள்ளன (Purification problem). என்றாலும் இன்று மிகவும் தூய்மையான ஸிலிக்கா மணலும், பொடியாக்கப் பட்ட குவார்ட்ஸும் கிடைக்கின்றன. இம்முறையின் நன்மை என்னவென்றால் வேர் தன்னுடைய இயற்கையான வளர்ச்சிச் சூழ்நிலையை ஓரளவு பெறுகிறது. ஊட்டக்கரைசல்களை இதனுடன் மூன்று முறைகளில் சேர்க்கலாம். (i) இதற்றில் பரப்பில் ஊற்றலாம் (Slop culture) (ii) பரப்பில் சொட்டுச் சொட்டாகச் சேர்க்கலாம். (drip culture) (iii) அடியில் மணலோ குவார்ட்ஸோ இருக்கும்படி வைத்து அதன்மேல் ஊட்டக்கரைசல் வரும்படி செய்யலாம் (Subirrigation) இந்த மூன்று முறைகளிலும், கனிம கரைசல்களை வெளியேற்றுவதற்காகக் கலத்தின் அடியில் ஒரு சிறு துவாரம் இருக்கவேண்டும். மேற்கூறிய மூன்று முறைகளில் ஸ்லாப் ஊட்டக்கரைசல் முறை மிகவும் எளிதாகச் செயல்படுத்தக் கூடியது.

(e) தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான மூலகங்களின் வகைப்பாடு (Classjfication of elements necessary for plant growth):

மேலே கூறப்பட்ட ஊட்டக்கரைசல் சோதனைகளின் மூலம் எந்தெந்த மூலகங்கள் தாவரங்களுக்கு அதிகமாகத் தேவை; எவை குறைவாகத் தேவை என்று தெரிந்து கொள்ளலாம். அதனை வைத்து மூலகங்களை, பெரு மூலகங்கள் (Macrolements), நுண் மூலகங்கள் (Microlelements) என்றும் இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். நைட்ரஜன், பாஸ்பரஸ், பொட்டாசியம், கந்தகம், கால்சியம், மக்னீசியம் போன்றவை பெரு மூலகங்கள்; இரும்பு, மாங்கனீசு, துத்தநாகம், போரான், மாலிப்டினம், தாமிரம் போன்றவை நுண் மூலகங்கள்.

மூலகங்களை வேறு விதத்திலும் வகைப்படுததலாம். உதாரணமாக தாச்செல் (Thatcher) வாழ்வில் மூலகங்கள் ஆற்றும் பங்கை வைத்துக் கீழ்க்கண்ட வகைகளாக அவற்றைப் பிரித்துள்ளார்.

(i) ஆற்றல் பரிமாற்ற மூலகங்கள் (energy exchange elements) உதாரணங்கள் ஹைட்ரஜன், ஆகஸிஜன்.

(ii) நெகிழ்வு சேமிப்பு மூலகங்கள் (Plastic storage elements) – கார்பன், நைட்ரஜன், கந்தகம், பாஸ்பரஸ்.

(iii) ஆக்ஸி - கரண—குறைத்தல் மாற்றங்களை ஒழுங்கு படுத்தும் மூலகங்கள் (Oxidation reduction regulators)—மக்னீசியம் நிக்கல் (Nickel), துத்தநாகம், கோபால்ட், இரும்பு.

(iv) அடிப்படை உருவ மூலகங்கள் (Skeletal elements)— கால்சியம், மக்னீசியம், பாஸ்பரஸ்.

(v) ஆஸ்மாஸிஸை ஒழுங்குபடுத்தும் மூலகங்கள் (Osmotic regulators)- கால்சியம், மக்னீசியம், பாஸ்பரஸ்.

(vi) வினைஊக்கு மூலகங்கள் (Catalytic elements)-இரும்பு, தாமிரம், மாங்கனீசு, துத்தநாகம், கந்தகம்.

(vii) என்ஸைம் ஊக்கிகள் (enzymo activators)- கால்சியம், மக்னீசியம், கோபால்ட்.

வேறுபல வகைகளிலும் பலர் மூலகங்களை வகைப்படுத்தியுள்ளார்கள்.

3. மண்ணில் மூலகங்களின் இருப்பு (Occurrence in the soil of elements)

(a) பாஸ்பரஸ்: பாஸ்பரஸ் மண்ணில் இரண்டு நிலைகளில் காணப்படுகிறது; அங்ககநிலை, அனங்ககநிலை. நூக்ளியிக் அமிலங்கள், பாஸ்போலிபிட்கள், அயனோஸிடால் பாஸ்பேட்கள் (inositol phosphates) போன்றவற்றின் வடிவில் அங்கக பாஸ்பரஸ்

காணப்படுகிறது. எனினும் தாவரங்கள் பாஸ்பரஸை அங்கக பாஸ்பேட் பொருள்களிலிருந்து எடுத்துக் கொள்வதற்கான சான்றுகள் இல்லை. எனினும் இப்பொருள்கள் சிதைந்து பாஸ்பரஸ்மூலகம் மண்ணில் தனியாக விடப்படலாம்; அல்லது அனங்கக வடிவில் விடப்படலாம்.

தாவரங்கள் அனங்கக வடிவ பாஸ்பரஸைத்தான் எடுத்துக் கொள்கின்றன. மண்கரைசலில் காணப்படும் இந்தகைய பாஸ்பரஸ் பெரும்பாலும் $H_2 Po_4^- H Po_4^{2-}$ என்ற அயனிகளாகத்தான் காணப்படுகிறது. இவற்றின் அளவு மண்ணில் pH-ஐ பொறுத்தது. குறைவான pH-ல் $H_2 Po_4^-$-ம், அதிகமான pH-ல் HPo_4^{2-} காணப்படுகின்றன.

மண்ணில் திடப்பொருள்களின்மீது பாஸ்பேட் அயனிகள் வலிவாக ஒட்டிணைந்துள்ளன. இதன் விளைவாக மண்கரைசலில் மிகக் குறைந்த அளவே பாஸ்பரஸ் உள்ளது.

தாவரங்களுக்கு பாஸ்பரஸ் கிடைத்தலைப் பல அம்சங்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன. அவற்றில் முக்கியமானவை : (i) மண்ணின் pH அளவு. (ii) கரைந்துள்ள அலுமினியமும், இரும்பும். (iii) கிடைக்கக் கூடிய கால்சியத்தின் அளவு. (iv) எதிர்மின் அயனி பரிமாற்றம். (v) நுண்ணுயிர்களின் இருப்பு.

(i) மண்கரைசலின் pH-ஐ பொறுத்து மூன்று விதமான பாஸ்பேட் அயனிகள் காணப்படுகின்றன. மிகக் குறைவான அமில நிலையில், மோனோ வேலண்ட் $(1^+{}_2Po^{4-})$-ம், நடுநிலைமை pH-ல் டைவேலண்ட் (HPo_4^{2-})-ம் காரநிலையில் டிரைவேலண்ட் (po_4^{3-})-ம் காணப்படுகின்றன. அயனி வடிவில்தான் பாஸ்பரஸ் எளிதாகத் தாவரத்தால் உறிஞ்சப்படுகிறது.

(ii) மிக அதிகமான அமில நிலைமைகளில், வேண்டிய அளவு அலுமினியமும், இரும்பும் கரைசல் நிலையிலிருந்து பாஸ்பேட்டை விழ்படியச் (precipitate) செய்யும் (அலுமினிய பாஸ்பேட், இரும்பு பாஸ்பேட் உண்டாகும்). இவை தாவரத்தால் எடுத்துக் கொள்ள முடியாதவை.

(iii) கால்சியம் மூன்று வகையான பாஸ்பேட் அயனிகளுடனும் கிரியை புரியக்கூடியது; இதன் விளைவாக மானோ கால்சியம் பாஸ்பேட், டைகால்சியம் பாஸ்பேட், டிரை கால்சியம் பாஸ்பேட் ஆகியவை உண்டாகின்றன. மானோகால்சியம் பாஸ்பேட் எளிதாக நீரில் கரைந்து தாவரத்திற்கு எளிதாகக் கிடைக்கக் கூடிய வடிவில் இருக்கிறது. டைகால்சியம் பாஸ்பேட் ஓரளவு தான் நீரில் கரையும்; எனினும் தாவரத்திற்கு பாஸ்பேட்டைக்

கொடுக்கும். டிரைகால்சியம் பாஸ்பேட் நீருடன் கரையாமல் தாவரத்திற்குக் கிடைக்காத நிலையில் இருக்கிறது. (iii) எதிர்மின் அயனி பரிமாற்றம் களிமண்ணில் காணப்படும் மூலகங்களுக்கும், பாஸ்பரஸுக்கும் இடையில் மண்ணில் ஏற்படலாம். எதிர்மின் அயனியான $H_2 po_4$ - களிமண்ணில் ஹைட்ராக்ஸில் (hydroxzl) எதிர்மின் அயனியின் இடத்தை பிடித்துக் கொள்ளலாம். ஹைட்ராக்ஸில் அயனி மண்ணில் போடப்பட்டால், பாஸ்பரஸ் அதிக அளவுக்குக் கிடைக்கப்படுகிறது.

(iv) நுண்ணுயிர்கள் மண்ணில் அதிகமாக இருந்தால் அதிக அளவுக்கு அனங்கக பாஸ்பேட் நிலைப்படுத்தப்படுகிறது.

(e) கால்ஷியம் (Calcium) பொதுவாக, மண்ணில் காணப்படும் நேர்மின் அயனிகளில் இது முக்கியமானது. எனினும், மண்ணில் காணப்படும் பெரும்பாலான கால்சியம் பரிமாற்றம் செய்யக்கூடாத நிலையில் இருக்கிறது. பெரும்பாலும் இது அனார்த்தைட் (anorthite, Ca A_2 Si_2 O_8) என்ற வடிவில் மண்ணில் காணப்படுகிறது. பாறைச்சிதைவு நிகழ்ச்சியால் (Weathering) இதிலிருந்து கால்சியம் தனியாக்கப்படுகிறது.

பரிமாற்ற நிலையில் (exchangeable) உள்ள கால்சியத்தில் பெரும்பங்கு களிமண் மைசெல்களுடன் (micelles) ஒட்டிணைந்துள்ளன. ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு மண்ணில் அதிகமானல் கால்சியம் அயனி களிமண்ணிலிருந்து பிரிகிறது; H அயனி அவ்விடத்தை அடைகிறது இதனை நேர்மின் அயனி பரிமாற்றம் (Cation exchange) என்பர் மற்ற நேர்மின் அயனிகளான மக்னீசியம், சோடியம், பொட்டாசியம் போன்றவையும் களிமண்ணுடன் ஒட்டியிருந்தாலும், கால்சியம்தான் அதிகமாகக் காணப்படுகிறது.

சுண்ணாம்புப் பொருள்களை மண்ணுடன் சேர்த்தால் (உதாரணமாக கால்சியம் கார்பனேட், கால்சியம் ஆக்ஸைட்) களிமண்ணின் பல ஹைட்ரஜன் அயனிகள் கால்சியத்தால் இடம் மாற்றப்படுகின்றன. வெளியான ஹைட்ரஜன் நீரினை உண்டாக்குகிறது. இதன் விளைவாக pH அதிகமாகிக் கிடைக்கக்கூடிய கால்சியத்தின் அளவினையும் அதிகமாக்குகிறது. சுண்ணாம்புச் சேர்க்கையால் நல்ல விளைவுகளும், தீயவிளைவுகளும் ஏற்படுகின்றன.

(c) மக்னீசியம் (Magnesium) : மக்னீசியம் மண்ணில் கரைசல் நிலையில், பரிமாற்றம் செய்யக்கூடிய தன்மையில் இருக்கிறது. கால்சியத்தைப் போன்று இதுவும் ஒரு பரிமாற்றமடையக் கூடிய நேர்மின் அயனியாகும். எனினும் கால்சியத்தின் அளவு இது

காணப்படுவதில்லை. இதன் விளைவாகக் களிமண்ணுடன் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் மக்னீசியம் மிகக் குறைவாகவே காணப்படுகிறது; நேர்மின் அயனி பரிமாற்றமும் குறைக்கப்படுகிறது.

மண்ணில் காணப்படும் மக்னீசியம் பெரும்பாலும் மக்னீசிய ஸிலிகேட்டாகத்தான் இருக்கிறது; இது தாவரத்திற்குக் கிடைக்காது; பாறைச் சிதைவு ஏற்பட்டு அவை மக்னீசியத்தை வெளியேற்ற வேண்டும். அட்டவணை 5-ல் மண்ணில் கிடைக்கக்கூடிய மக்னீசிய நிலைகளும், அவை சோயா பீன்ஸ் தாவரத்திற்குக் கிடைக்கக்கூடிய அளவும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 5

சோயா பீன்ஸ் தாவரங்களால் ஒருசில மக்னீசிய கனிமங்களிலிருந்து மக்னீசியம் எடுத்துக் கொள்ளப்படுதல்

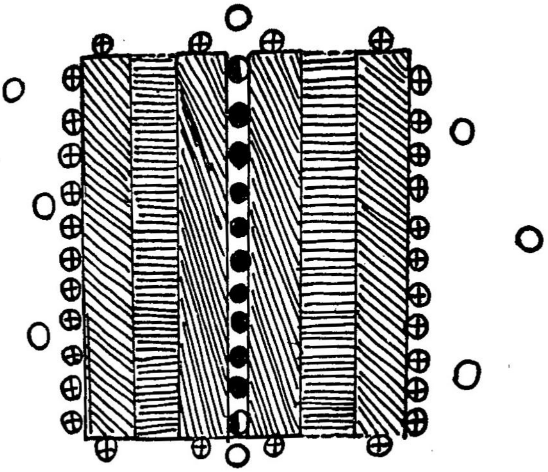
கனிமம்	தாவரதிசுவில் மக்னீசியம்,%	எடுத்துக் கொள்ளக்கூடிய மில்லி கிராம் மக்னீசியம் / தொட்டி	தாவரத்தின் நிலைமை
செக் (Check)	0·16	16·0	MG, பற்றுக் குறை
ஹார்ன்பிளெண்ட் (pornblende)	0·15	17·5	,,
டாக் (talc)	0·19	21·2	,,
மாக்னிஸைட் (Magnesite)	0·20	41·8	சாதாரணம்
ஓலிவைன் (olivine)	0·24	47·1	,,
டோலமைட் (dolomite)	0·29	51·8	,,

(d) பொட்டாசியம் :- பொட்டாசியம் பரிமாற்றமடையாத நிலையிலோ அல்லது நிலைத்தோ (fixed) அல்லது பரிமாற்றம் அடையக் கூடிய நிலையிலோ இருக்கலாம். மண்ணில் இது பெருமளவு காணப்பட்டாலும் தாவரத்திற்குக் கிடைக்காத நிலையில் இது இருக்கிறது. பையோடைட் (biotite), மஸ்கோவைட் (Mascovite), இல்லிடைட் (Illitite) போன்ற பொட்டாசியப் பாறைகள் சிதைவதால்தான் பொட்டாசியம் தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கிறது. மண்ணில் காணப்படும் பொட்டாசிய வகைகள் படம் 2-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பொட்டாசிய வகைகளுக்கிடையே ஒரு சமன் நிலை பொதுவாகக் காணப்படுகிறது:

$$\text{கரையும் நிலை பொட்டாசியம்} \rightleftharpoons \text{பரிமாற்ற நிலை பொட்டாசியம்} \rightleftharpoons \text{நிலையான பொட்டாசியம்}$$

ஏதாவது ஒரு வகைப் பொட்டாசியத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் மற்றவற்றைப் பாதிக்கிறது. உதாரணமாக, கரையும் நிலை பொட்டா

சியம் குறைக்கப்பட்டால், பரிமாற்ற நிலை பொட்டாசியம் கரை நிலை பொட்டாசியமாக மாறும்.



படம் 2

மண்ணில் காணப்படும் பொட்டாசிய வகைகள்.

சாய்வுக் கோடிட்ட பகுதி—Si—O அடுக்கு.
செங்குத்துக் கோடிட்ட ப்பகுதி –Al—O-OH அடுக்கு

O—மண்கரைசலில் பொட்டாசிய அயனி.
+—பரிமாற்ற நிலை பொட்டாசிய அயனி.
◓—நிலையான பொட்டாசியம்.
●—இணைந்த (bourd) பொட்டாசியம்.

(e) கந்தகம்: முக்கியமாக அங்கக நிலையில்தான் இது காணப்படும். எனினும் பைரைட் (pyrite), கோபால்டைட் (Cobaltite), ஜிப்ஸம் (gypsum), எப்ஸோமைட் (epsomite) போன்ற கனிமங்களாகவும், கரைசலில் (So_4^{2}) அயனியாகவும் காணப்படுகிறது. பாஸ்பேட் அயனிபோன்று இதுவும் மிகவும் குறைவான ஒட்டிணைவைக் கொண்டது. மண்ணின் pH குறைந்தால் ஒட்டிணைவும் அதிகமாகும்.

அங்கக கந்தகம் தாவரங்களுக்கு உயிரியல் ஆக்ஸிகரணத்தின் (biological oxidteion) வாயிலாகக் கிடைக்கிறது. இது பல நுண்ணுயிரிகளால் ஏற்படுகிறது. அங்கக நிலையில் இருந்து ஸல்பேட்டாக நுண்ணுயிரிகளால் மாற்றப்படுகிறது. ஸல்பேட்டாகத்தான் தாவரம் கந்தகத்தை எடுத்துக் கொள்கிறது. இவை அங்கக கந்தகத்தைத் தவிர பெர்ரஸ்ஸல்பைடு (ferrous sulphide)

போன்றவற்றையும் ஆக்ஸிகரணமாக்கி, கந்தக மூலகத்தை வெளி யேற்றும். இது மீண்டும் கந்தக பாக்டீரியாவால் ஸல்பேட்டாக மாற்றப்படும். பைரைட்டைக் கூட உயிரியல் ஆக்ஸிகரணம், கந்தக அமிலமாக மாற்றுகிறது.

வான வெளியிலிருந்தும் கந்தகம் மண்ணை அடையலாம். இது மழை, பனி போன்றவற்றின் கூட மண்ணை அடைகிறது.

(f) இரும்பு (Iron) : மண் பெரும்பாலும் இரும்பு பற்றுக் குறையைப் பெற்றிருப்பதில்லை. எனினும் இது கிடைக்கக் கூடிய நிலையில் இல்லை. லிமோனைட் (limonite) போன்ற வடிவங்களில் இது பொதுவாகக் காணப்படுகிறது. பொதுவாக பெர்ரஸ் (ferrous) நிலையில்தான் இருப்பு தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கிறது. மண்ணின் pH பொறுத்துக் கிடைக்கக்கூடிய இரும்பின் அளவு இருக்கிறது. அமில மண்ணில் அதிக அளவு இரும்பு உப்புகள் கரைந்துள்ளன. கார மண்ணில் இரும்பு உப்புகள் கரையாது.

(g) மாங்கனீசு (Manganese) : மாங்கனீசு மண்ணில் பைவேலண்ட், டிரைவேலண்ட் அல்லது டெட்ரவேலண்ட் நிலை களில் இருக்கிறது. டைவேலண்ட் அயனிகள் கரைசல் நிலையிலோ அல்லது பரிமாற்ற நிலையிலோ காணப்படுகின்றன. இதுதான் தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கும் மாங்கனீசு நிலையாகும். அங்கக நிலையிலும் மாங்கனீசு காணப்படலாம். (அதாவது அங்ககப் பொருள்களுடன் இணைந்து) மிகக் குறைவான காற்றோட்ட முடைய, அமில மண்ணில் மாங்கனீசு கிடைக்கும் நிலையில் இருக் கிறது. மேற்கூறிய நிலையில் டிரைவேலண்ட் நிலையும், டெட்ரா வேலண்ட் நிலையும் ஆக்ஸிகரணமடைந்து டைவேலண்டாக மாறும். நல்ல காற்றோட்டமுடைய கார மண்களில் மாங்கனீசு அதிகம் கிடைப்பதில்லை. மண்ணில் பைவேலண்ட் நிலை உயிரியல் ஆக்ஸிகரணம் மூலம் டிரைவேலண்டாகவோ, டெட்ராவேலண் டாகவோ மாறலாம். இதனை நிறைவேற்றும் நுண்ணுயிரிகள் pH சமமான மண்ணிலும், சற்றுக் காரணமான மண்ணிலும்தான் இதனை உண்டாக்குகின்றன. மண்ணில் காணப்படும் பாஸ்பேட் டின் அளவும் கூட தாவரத்திற்கு மக்னீசியம் கிடைக்கக் கூடிய தைப் பாதிக்கிறது.

(h) தாமிரம் : பெரும்பாலும் கால்கோபைரட்களாக (Chalcopyrites) இது காணப்படுகிறது. மிகக் குறைந்த அளவே தாமிரம் கரைசல் நிலையில் இருக்கிறது. டைவேலண்ட் தாமிர அயனி மண் கொல்லாய்டுகளுடன் மிக வலிவாக ஒட்டிணைந் துள்ளது; அதன் விளைவாகப் பரிமாற்ற நிலையில் உள்ளது.

மோனோவேலண்ட் தாமிர அயனிகூட ஒட்டிணைவு நிலையில் இருக்கலாம்.

மண்ணின் தாமிர அங்ககப் பொருள்களுடன் எளிதாகச் சேர்ந்து பரிமாற்றமடையாத நிலையை அடைந்துவிடும்.

(i) துத்தநாகம்: பொதுவாக பெர்ரோமக்னீசியக் கனிமங் களிலும், மாக்னடைட், பையோடைட், ஹார்ன்பிளெண்ட் போன்றவற்றிலும் துத்தநாகம் காணப்படுகிறது. இவைகளின் சிதைவால் டைவேலண்ட் நிலையில் துத்தநாகம் கிடைக்கிறது. இதுதான் தாவரத்திற்குக் கிடைக்கூடிய துத்தநாக நிலையாகும்.

தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கும் துத்தநாகம் மண்ணின் pH காரணமாகப் பாதிக்கப்படுகிறது. pH அதிகமானுல் கிடைக்கும் துத்தநாகத்தின் அளவும் அதிகமாகிறது. மண்ணில் கால்சியம் சேர்க்கப்பட்டால் துத்தநாக உள்ளெடுப்பு குறைக்கப்படுகிறது.

(j) போரான்: மண்ணில் பரிமாற்ற நிலையிலும், கரைசல் நிலையிலும், பரிமார்றமடையக் கூடாத நிலையிலும், இது காணப்படுகிறது. இதன் கரைந்தநிலை மண்ணில் மிகக் குறை வாகக்காணப்படுகிறது. மண்ணின் pH அதிகமாக்கப்பட்டால் தாவரங்களுக்கு போரான் கிடைப்பது தடைபடுகிறது.

(k) மாலிப்டினம்: மாலிப்டினம் மண்ணில் மூன்று நிலைகளில் காணப்படுகிறது. (i) மண்கரைசலில் மாலிப்டேட் அயனியாகக் கரைந்துள்ளது. (ii) பரிமாற்ற நிலையில் மண்பொருள்களுடன் ஒட்டியிருக்கின்றது. (iii) பரிமாற்றமடையாத நிலையில் இருக் கிறது. மண்ணின் pH அதிகமானுல் கிடைக்கக்கூடிய மாலிப்டி னத்தின் அளவு அதிகமாகும்.

(c) மற்ற மூலகங்கள்: ஆஸ்டர்ரூட் (Oster Rout) என்பவரால் ஊக்குவிக்கப்பட்டு, மற்றவர்களால் தொடரப்பட்ட சோதனை களின் மூலம் சில கடல் பாசிகளின் வளர்ச்சிக்கு சோடியம் தேவை என்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. சமீபத்தில் பல பசு, நீலப்பாசி (bluegreen algae) களின் வளர்ச்சிக்குச் சோடியம் தேவை என்பது குறிப்பாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொட்டாசியத்திற்குப் பதிலாக சோடியத்தை உபயோகிக்கலாம் என்றும் கண்டிபிடிக்கப்பட்டது. இது உயர்ந்த மற்றும் தாழ்ந்த தாவரங்களில் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது.

சில தாவரங்களுக்கு சிலிகான் (Silcon) தேவையாகிறது. உதாரணமாக சோமர் (Sommer) என்பவர் கரைசல் ஊடகத்

துடன் சிலிகான் சேர்க்கும்பொழுது அரிசி (Rice), தினை (millet) ஆகியவற்றின் வளர்ச்சி அதிகரிக்கிறது என்பதை விளக்கிறார். பார்லி, சூரியகாந்திச் செடிகளின் வளர்ச்சி சிலிகானினுல் அதிகரிக்கிறது என்ற முடிவுக்கு (Lipman) லிப்மான் வந்தார். பல பாசிகள் சிலிகானுலான அமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளது என்பதிலிருந்து இத் தாவரங்களுக்குச் சிலிகான் தேவை என்று கருதப்பட்டது.

ஆரம்பகால ஆராய்ச்சிகளில், பல தாவரங்களின் வளர்ச்சியை அதிகரிக்க அலுமினியம் தேவை என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இருப்பினும், அலுமினியம் அதிக அளவில் இருந்தால் அதனுல் நன்மையைவிடத் தீமையே அதிகம். லெட்டுயூஸ், பீட்ரூட், டிமோதி, பார்லி ஆகியவை அலுமினிய நச்சுத் தன்மைக்கு ஆட்கொள்ளப்படுகிறது (Sensitiveto).

சில தாவரங்களுக்குத் தேவையான முக்கிய மூலமாக குளோரின் இருக்கிறது. பக்வீட் (Buck wheat), கார்டன் பீஸ் (Gardenpeas) ஆகியவற்றின் வளர்ச்சியை குளோரின் அதிகரிக்கிறது என்று லிப்மன் (Lipman) காண்பித்தார். சமீபத்தில், புரோயரும் (Broyeretal) மற்றவர்களும் தக்காளிச் செடிகளின் வளர்ச்சிக்கு குளோரின் தேவை என்று விளக்கினர்கள். குளோரினுக்குப் பதில் புரோமின் உபயோகிக்கலாமென்றும் சொன்னார்கள். சுகர்பீட் (Sugar beat) வளர்ச்சிக்கு குளோரின் அல்லது புரோமின் தேவை என்பதைக் கொண்டு அவரிச் (Ulrich) ஒகி (Okki) என்பவர்கள் மேற்கூறிய கருத்தை நிலை நிறுத்தினர். எந்தத் தாவரத்திற்காகவாவது காலியம் (gallium) தேவையா என்பது ஐயத்திற்குரியது. இருப்பினும் As-per gillus niger என்னும் காளானுக்கும் Lemna minor என்னும செடிககும் இநத மூலகம் தேவை என்பதை ஸ்டிபீன்பர்க் எடுத்துக் கூறியுள்ளார். இந்த உயிரினங்களுக்கு காலியம் தேவை என்பதை விளக்குவதில் இவர் ஓரளவே வெற்றிபெற்றார்.

வைட்டமின் B_{12} பகுதிப் பொருளில் ஒன்றுன் கோபால்ட் (Cobalt). ஒருசில பசுநிலைப் (bluegreen algae) பாசிகளுக்குத் தேவை என்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

3. கனிம உப்புகள் உறிஞ்சப்படுதலும், கடத்தப்படுதலும்

(Absorption and translocation of mineral salts)

1. முன்னுரை

இதற்கு முந்திய அத்தியாயத்தில் கனிமங்கள் கிடைப்பது பற்றியும், எந்நிலைமையில் அவை மண்ணில் காணப்படுகின்றன என்பது பற்றியும், அவைகளின் தேவை பற்றியும் கூறப்பட்டன. இவ்வத்தியாயத்தில் அவை எவ்வாறு தாவரங்களால் உறிஞ்சப் படுகின்றன என்பது பற்றியும், அவை தாவரங்களுக்கு எவ்வாறு கடத்தப்படுகின்றன என்பது பற்றியும் பார்ப்போம்.

பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டின் கடைசியிலும், இருபதாம் நூற்றுண்டின் முற்பகுதியிலும் பல தாவர வாழ்வியல் வல்லுநர்கள், நீருடன்தான் உப்புகள் வேரினுல் உறிஞ்சப் படுகின்றன என்று கருதினுர்கள். அதாவது தாவரங்களுக்குத் தேவையான உப்புகள் நீரில் கரைந்து நீருடன் சேர்ந்து தாவரங்களை அடைகின்றன என்று அவர்கள் கருதினுர்கள். வேரிலிருந்து இந்தக் கரைசல் நிலையில்தான் தாவரத்தின் மற்றப் பகுதிகளுக்கும் உப்புகள் இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன என்றும் அவர்கள் கருதினுர்கள். மேற்கூறியவர்களின் கொள்கைப்படி உப்புகள் உறிஞ்சப்படுவதற்கும், கடத்தப்படுவதற்கும், நீர் உறிஞ்சப்படுதலும், கடத்தப்படுதலும் காரணமாக இருந்தன. அதாவது. நீராவிப் போக்கு நீர் ஓட்டத்தினுல்தான் (transpiration stream) உப்புகள் உறிஞ்சப்பட்டுக் கடத்தப்பட்டன.

எனினும், பின்னுல் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக இக்கொள்கை எவ்வளவு தவருனது என்று தெரியவந்தது. மண்ணில் காணப்படும் உப்புச் செறிவுக்கும் தாவரங்களில் காணப்படும் உப்புச் செறிவுக்கும் உள்ள வேறுபாடு இக்கொள்கை யால் விளக்கப்படாததன் காரணமாக வேறொரு கொள்கை உருவாக்கப்பட்டது. இந்தக் கொள்கைப்படி, உப்பு உறிஞ்சப்

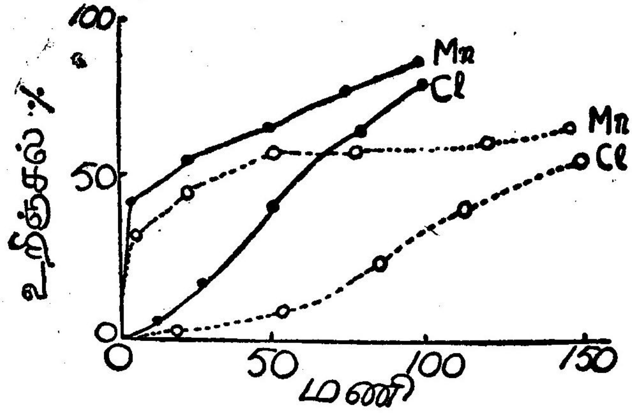
படும் நிகழ்ச்சி ஆஸ்மாடிக் விளைவுகளால்தான் நடைபெறுகிறது என்று கூறப்பட்டது. மண்ணிலிருந்து ஆஸ்மாடிக் செயல் வீரியம் கொண்ட உப்புகள் செறிவு வித்தியாயசம் காரணமாகத் தாவரத்தினுள் செல்கின்றன என்று கூறப்பட்டது. இக் கொள்கை உப்பு உறிஞ்சுதலை விளக்கியதே தவிர, அது எவ்வாறு தாவரத்தினுள் கடத்தப்படுகிறது என்பதை விளக்கவில்லை. எனினும் கடத்தப்படும் நிகழ்ச்சிமட்டும் நீராவிப்போக்கு நீர் ஓட்டத்தினுல்தான் என்று இக் கொள்கையை உருவாக்கியவர்கள் கருதினர்.

மேற்கூறிய இரண்டு கொள்கைகளும், உப்பு உறிஞ்சப்படு தலிலும், கடத்தப்படுதலிலும் பௌதீக விசைகள்தான் பங்கு வகிக்கின்றன என்று கூறுகின்றன. இந் நிகழ்ச்சிகளில் வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றல் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது என்பதை மேற்கூறிய இரண்டு கொள்கைகளும் கூறவில்லை. எனினும், ஃபெப்பர் (Pfeffer) போன்ற ஒருசிலர் ஆற்றல் உபயோகப்படுத்தப்படலாம் என்று மறைமுகமாக எடுத்துக்காட்டினர். 1930-க்கு பின்தான் உப்பு உறிஞ்சல் ஓர் உயிர்ப்பு நிகழ்ச்சி என்பதற்கான ஆதாரங்கள் வெளிப்பட ஆரமபித்தன. எனினும், உயிர்ப்பற்ற உப்பு உறிஞ்சல் (Passive absorption) பற்றியும், உயிர்ப்பு உப்பு உறிஞ்சல் (active absorption) பற்றியும் கீழே காணலாம்.

2. உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சல் (Passive absorption))

(a) புறவெளி (Outer space) : நிலக் கரைசல் அல்லது கொல் லாய்டுக்கும் வேருக்கும் இடையே உள்ள நெருங்கிய தொடர்பு காரணமாகத்தான் உப்பு உறிஞ்சுதல் நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. இந் நிகழ்ச்சியில் உள்ள செயல்முறை (mechanism) குறித்துச் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, உயிர்ப்பற்ற, ஆற்றல் தேவைப் படாத முறையிலும் உப்புகள் உறிஞ்சப்படலாம் என்பதற்கு ஆதாரங்கள் பல கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. தாவர ஸெலலை அல்லது திசுவைக் குறைவான செறிவு கொண்ட உப்புக் கரை சலில் இருந்து அதிக அளவு செறிவு கொண்ட உப்புக் கரைசலுக்கு மாற்றினுல், ஆரம்பத்தில் அயனிகளின் உள்ளெடுப்பு மிகவும் வேக மாகக் காணப்படுகிறது. இதைத் தொடர்ந்து மெதுவான ஆனுல் தொடர்ச்சியான உள்ளெடுப்பு காணப்படுகிறது (படம் 3). இந்த ஆரம்பகால வீரிய உள்ளெடுப்பு வெப்பநிலையிலோ அல்லது வளர்சிதை யாற்றத் தடையூக்கிகளாலோ பாதிக்கப்படு வதில்லை; அதாவது வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றல் இங்கு உபயோகப் படுத்தப்படுவதில்லை. மீண்டும் அந்த ஸெல்லை, குறைவான உப்புக் கரைசலுக்கு மாற்றினுல், உள்ளெடுப்பு செய்யப்பட்ட

அயனிகளில் சில மீண்டும் தளத்தை அடைந்துவிடும். இதையே வேறு விதமாகக் கூறவேண்டும் என்றால், உப்புக்கரைசலில் மூழ்கடிக்கப்பட்ட ஸெல்லின் அல்லது திசுவின் ஒரு பகுதியில் அயனிகளின் பரிமாற்றம் மிகவும் எளிதாக, தடையற்று (free diffusion)



படம் 3

(பார்ஸ்நிப் Parsnip) திசுவால் 0·001M மாங்கனீசு குளோரைடு கரைசலிலிருந்து மாங்கனீசு, குளோரைடு அயனிகள் உள்ளெடுக்கப்படுதல். தொடர்ச்சியான கோடு திசுவை 24 மணி நேரம் குழாய் நீரில் கழுவியவுடன் ஏற்படும் உள்ளெடுப்பைக் குறிக்கிறது.

தொடர்ச்சியற்ற கோடு 168·5 மணிநேரம் கழுவியவுடன் ஏற்படும் உள்ளெடுப்பைக் குறிக்கிறது.

நடைபெறுகிறது. அதாவது திசுவிலிருந்தோ அல்லது திசுவிற்குள்ளேயோ அடைவதால், திசுவின் எப் பகுதியில் இந் நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறதோ அப் பகுதி வெளித்தளத்துடன் ஒரு சமநிலையை (equilibrium) அடைகிறது. இந்த இடத்தில் உள்ள அயனி செறிவு வெளித்தளத்தின் அயனி செறிவை ஒத்திருக்கும். எளிதான, தடையற்ற பரவலைக் கொண்டிருக்கும் ஸெல்லின் அல்லது திசுவின் பகுதி, புறவெளி (outer space) என்று கூறப்படுகிறது.

"புறவெளி"க் கோட்பாடு நன்றாக நிலைநிறுத்தப்பட்டவுடன், பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் இப் பகுதியின் பரிமாணத்தைக் கணக்கிட ஆரம்பித்தனர். இதனைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்; ஒரு திசுவைச் செறிவு தெரிந்த கரைசலில் மூழ்கடித்து அதனைச் சமன் நிலைக்குக் கொண்டு வரவேண்டும்; பின்பு அந்தத் திசுவால் உள்ளெடுப்பு செய்யப்பட்ட உப்பின் அளவை நிர்ணயம் செய்ய

வேண்டும். புறவெளியிலும், வெளித்தளத்திலும் அயனிச் செறிவு ஒன்றுதான் என்று நினைத்துக் கொண்டால், எடுப்பு செய்யப்பட்ட உப்பின் அளவை வைத்துக் கொண்டு புறவெளியின் பரிமாணத்தை நிர்ணயம் செய்யலாம். மேற்கூறிய சூழ்நிலைகளில் உயிர்ப்பு எடுப்பைத் தடை செய்ய வேண்டும்; இல்லாவிடில் கண்டு பிடித்த பரிமாணம் உண்மையான பரிமாணத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

ஹோப் மற்றும் ஸ்டீவென்ஸ் ஆகியோர் (Hope and Stevens) 1952) அவரையின் வேர் நுனிகளை பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலில் மூழ்க்கினர்; சமன்நிலை 20 நிமிடங்களில் ஏற்பட்டது. இந்த நிகழ்ச்சியில் பங்குபெற்ற திசுவின் பரிமாணத்தில் அதன் ஸைட்டோபிளாசமும் உள்ளடங்கியுள்ளது. வெளிக் கரைசலின் செறிவை அதிகமாக்கினால், திசுவின் பங்குபெறும் பரிமாணமும் அதிகமாகியது. மேற்கூறிய இரண்டு சோதனைகளிலும் உயிர்ப்புக் கடத்தல் தடைசெய்யப்பட்டிருப்பதால் செறிவு வித்தியாசத்திற்கு எதிராக (against Concentration gradient) உயிர்டபற்ற அயனி சேகரிப்பு ஏறபடுவதாக ஊகித்துக் கொள்ளலாம். அயனிகளின் எளிதான, தடையற்ற இடப்பெயர்ச்சியைக் கொண்டுள்ள வெளித் தோற்ற பரிமாணத்தை (apparent volume), வெளித் தோற்றப் புறவெளி (apparent free space) என்று கூறுவர்.

செறிவு வித்தியாசத்திற்கு எதிராக எவ்வாறு அயனிகள் சேகரிக்கப்படுகின்றன—அதுவும் எந்தவித வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றலும் இல்லாமல்? இந்த இரண்டினையும் பற்றிப் பார்ப்போம்.

(b) அயனி பரிமாற்றம் (ion exchange)

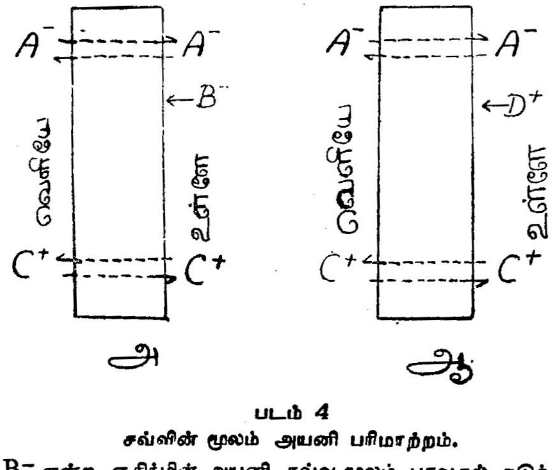
முதலில் அயனி பரிமாற்றம் என்றால் என்ன என்று பார்ப்போம். தாவரங்கள் தமக்கு வேண்டிய கனிமங்களை மண்ணிலிருந்து தான் பெறவேண்டும். மண்ணில் களிமண் அங்கக மட்குகளுடன் கலந்து காணப்படுகிறது. களிமண்ணின் துகள்கள் எதிர் மினனேற்றத்தைப் பெற்றிருப்பதால் மண்ணில உள்ள நேர்மின் அயனிகளை (Cations) அவை தம் பரப்புடன் ஈர்த்துக் கொள்கின்றன. உதாரணமாக, காலசியம், பொட்டாசியம், சோடியம், நைட்ரஜன் போன்ற நேர்மின் அயனிகள் களிமண் துகள்களுடன் சேர்ந்து கொள்கின்றன. இவ்வாறு இணைந்துள்ள நேர்மின் அயனிகளை நீக்கிவிட்டு வேறு நோமின் அயனிகள் அவ்விடத்தை ஆககிரமித்துக் கொள்ளலாம். இந்த இட ஆக்கிரமிப்பை, அதாவது இரண்டு நேர்மின் அயனிகளோ அல்லது இரண்டு எதிர்மின் அயனிகளோ தம்மிடையே இடத்தை மாற்றிக் கொண்டால் அதனை

அயனி பரிமாற்றம் என்பர். நேர்மின் அயனிகள் களிமண் போன்ற எந்தப் பொருளாலும் ஈர்த்து வைக்கப்படுவதில்லை; இதனால் அவை எளிதாக நீரால் அடித்துச் செல்லப்படுகின்றன.

ஸெல் உறையிலோ அல்லது சவ்விலோ ஒட்டிக் கொள்ளும் அயனிகள், வெளியில் உள்ள கரைசலின் அயனிகளுடன் இடம் மாற்றிக் கொள்ளலாம்.

(c) டோனன் சமநிலை (Donnan equilibrium)

நிலையாக உள்ள அல்லது பரவமுடியாத அயனிகளால் ஏற்படும் விளைவுகளைப் பற்றி டோனன் சமன்பாடு விளக்குகிறது. உதாரணத்திற்கு, ஒருசில அயனிகளைக் கடத்தி வேறு சிலவற்றைக் கடத்தாத ஒரு சவ்வினை எடுத்துக்கொண்டு அதனால் ஒரு ஸெல்லினையும் ஒரு வெளிகரைசலையும் பிரிக்க வேண்டும். இந்தச் சவ்வின் உட்புறத்தில் அதனால் கடத்த முடியாத எதிர்மின் அயனிகளின் செறிவு அதிகம். (நிலையான எதிர்மின் அயனிகள்) என்று வைத்துக் கொள்வோம். இப்பொழுது, இந்தச் சவ்வு நேர், எதிர் மின் அயனிகளை எளிதாகக் கடத்துகிறது என்று வைத்துக் கொண்டால், இரண்டு அயனிகளும் ஒரே அளவில் வெளிக் கரைசலிலிருந்து ஸெல்லுககுள் கடத்தப்படுகிறது; இக் கடத்தல் சமநிலை ஏற்படும்



படம் 4

சவ்வின் மூலம் அயனி பரிமாற்றம்.

அ. B^- என்ற எதிர்மின் அயனி சவ்வு மூலம் பரவுதல் தடுக்கப்படுகிறது. இதன் காரணமாக C^+ என்ற நேர்மின் அயனி பரிமாற்றமடைகிறது.

ஆ. D^+ என்ற நேர்மின் அயனி சவ்வின் மூலம் பரவுதல் தடுக்கப்படுகிறது. இதன் காரணமாக் A^- என்ற எதிர்மின் அயனி பரிமாற்றமடைகிறது.

வரை நடைபெறும். பொதுவாக, இந்தச் சமநிலை, மின்விசையிலும் சமமாக இருக்கும். எனினும் நிலையான எதிர்மின் அயனிகள் சவ்வின் உள்ளே காணப்படுவதால், இந்தச் சமநிலை ஏற்படுவதற்கு மேலும் சிறிதளவு நேர்மின் அயனிகள் தேவை (படம் 4). இதன் காரணமாக உள் கரைசலில் வெளிக் கரைசலைவிட நேர்மின் அயனிகள் அதிகமாக இருக்கும்; எதிர்மின் அயனிகளின் செறிவு கரைசலில் குறைவாக இருக்கும்.

செறிவு வித்தியாசத்திற்கு எதிராக எதிர்மின் அயனிகள் சேகரிப்பு செய்யப்படுவதையும் டோனன் சமநிலைக் கொள்கை விளக்குகிறது. உப்புக் கரைசலில் மூழ்க்கடிக்கப்பட்ட திசுவில், பல சமநிலைகள் காணப்படுவதால், அயனிகளின் சேர்க்கை செறிவு வித்தியாசத்திற்கு எதிராக நடைபெறுவதுண்டு; இங்கு வளர் சிதை மாற்ற ஆற்றல் உபயோகப்படுத்தப்படுவதில்லை.

(d) மொத்த ஓட்டம் (Mass flow)

வேரின் உள்ளே நீருடன் உப்பு அயனிகளும் மொத்த ஓட்டமாக (Mass flow) இடம் பெயருகின்றன என்று பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் கருதுகிறார்கள். ஏற்கெனவே இந்த அத்தியாயத்தின் தொடக்கத்தில் இக் கொள்கைபற்றி ஓரளவுக்குக் கூறப்பட்டது. இக் கொள்கையின்படி, நீராவிப் போக்கின் அளவு அதிகமானால் உப்பு அயனிகள் உறிஞ்சப்படுவதின் அளவும் அதிகமாகிறது. எனினும் நீராவிப் போக்கு இந் நிகழ்ச்சியை நேரடியாகப் பாதிக்கிறதா அல்லது மறைமுகமாகவா என்று சரியாகத் தெரியவில்லை. அயனிகள் சைலம் குழாய்களை அடைந்தவுடன் அங்கிருந்து நீராவிப் போக்கு நீர் ஓட்டத்தினால் அவை நீக்கப்படுவதால், மறைமுகமாக மேலும் அயனிகள் உறிஞ்சப்படுவதை ஊக்குவிக்கிறது என்று ஒருசில ஆராய்ச்சியாளர்கள் கருதுகிறார்கள். இதற்கு நேரடியான கருத்தை வேறுசிலர் தருகிறார்கள். இதன்படி, அயனிகள் மொத்த ஓட்டமாக நீருடன், மண்ணிலிருந்து வேரையும், பின்பு வேரிலிருந்து மற்றப் பகுதிகளையும் அடைகிறது. இரண்டு கொள்கைகளுக்கும் நேரடியான ஆதரவுகளோ எதிர்ப்புகளோ இல்லை. எனவே இரண்டு கருத்துகளையும் விலக்கித்தள்ள முடியாது.

1964-ல் லோபுஷின்ஸ்கி (Lopushinsky) செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, தண்டு துண்டிக்கப்பட்ட தக்காளித் தாவரத்தில் நீராவிப்போக்கு அதிகமாகும் பொழுது உப்பு உள்ளே எடுக்கப்படுவதும் அதிகமாகிறது என்று தெரியவருகிறது. பல விதமான நீர்விசை அழுத்தங்களை (hydrastatic pressures) அத்தாவரத்தின் வேர்த்தொகுதிக்குக் கொடுக்கும் பொழுது (தாவரங்கள்

P^{32}-ம் Ca^{45}-ம் கொண்ட ஊட்டக் கரைசல் கலங்களில் வளர்க்கப் பட வேண்டும்). அவற்றில் பலவிதமான உண்மைகள் தெரியவந்தன. நீர் விசை அழுத்தம் அதிகமாகும் பொழுது அதிக அளவுக்கு P^{32}-ம், Ca^{45}-ம் தண்டினை அடைந்தன.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து, தாவரத்தால் உறிஞ்சப்படும் உப்புகளில் ஒருசிறிதாவது உயிர்ப்பற்ற முறையில் அவைகளை அடைகின்றன என்று தெரியவருகிறது. இது எளிதான, தடையற்ற அயனி பரவலால் (free diffusion of ions) வெளித்தோற்ற வெளியை (free space) அடைவதால் நடைபெறுகிறது. டோனன் சமன்பாடு காரணமாக இங்கு அயனிசேகரிப்பு செறிவு வித்தியாசத்திற்கு எதிராக நடைபெறுகின்றது.

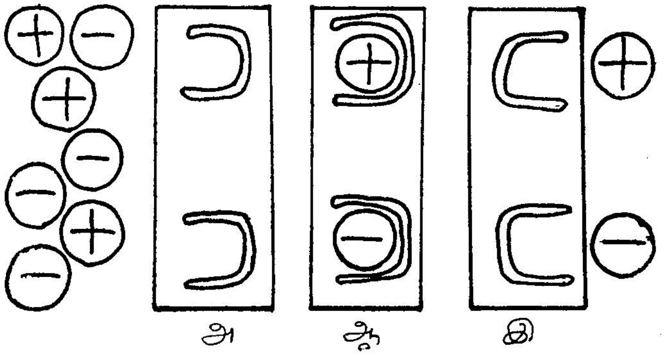
3. உயிர்ப்பு உள்ளெடுப்பு (Active absorption)

செறிவு தெரிந்த உப்புக்கரைசலில் மூழ்கடிக்கப்பட்ட தாவரங்களின் வாக்வோல் சாற்றை எடுத்து நேரடியாக ஆராய்ந்தால் அதில் செறிவு வித்தியாசத்திற்கு எதிரான அயனி உள்ளெடுப்பு (நேர்மின் அயனிகளும், எதிர்மின் அயனிகளும்) நடைபெற்றிருப்பதைக் காணலாம். மேலும், சேகரிக்கப்பட்ட அயனிகளின் அளவு மிகவும் அதிகமாக இருப்பதால், இதுவரை தெரிந்த எந்த பௌதீகக் கோட்பாடும் (முக்கியமாக அயனி பரிமாற்றமும் டோனன் சமன்பாடும்) இந்த அளவு அயனிகளை உறிஞ்ச உதவியிருக்க முடியாது என்று தெளிவாகத் தெரிகிறது.

நைடெல்லா (Nitella), வலோனியா (Valonia) போன்ற ஆல்காக் களில் ஹோக்லாண்ட் (Hoagland 1944) போன்றவர்கள் செய்த ஆராய்ச்சிகள் விளைவாக உயிர்ப்பு உள்ளெடுப்பு பற்றிய மிக அதிக அளவுக்கு உண்மைகள் தெளிவாயின.

தாவரத்தின் வளர்சிதை மாற்றம் குறைந்த வெப்பநிலையால் தடைப்பட்டால், அயனி சேகரிப்பும் தடைப்படுகிறது. அதே போன்றுதான் குறைவான ஆக்ஸிஜன் விசையாலும், வளர்சிதை மாற்றத் தடையூக்கிகளாலும் வளர்சிதை மாற்ற நிகழ்ச்சிகள் தடைப்படும்பொழுது, உப்புகள் உள்ளெடுக்கப்படுதலும் தடைபடுகிறது. இதிலிருந்து வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றல் உயிர்ப்பு உள்ளெடுப்பு நிகழ்ச்சிக்கு மிகவும் தேவை என்று தெரியவருகிறது. இந்த உயிர்ப்பு உள்ளெடுப்பு எவ்வாறு நடைபெறுகிறது, அதன் செயல் முறை என்ன என்பது பற்றிப் பல கோட்பாடுகள் கூறப் பட்டுள்ளன. எனினும் மேற்கூறிய கோட்பாடுகள் எல்லாம், சவ்வில் உள்ள ஒரு கடத்திப் பொருளின் (Carrier) உதவியால்தான் கடத்தல் நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது என்று ஒரு முகமாகக் கூறுகின்றன.

(a) கடத்திக் கோட்பாடு (The Carrier Concept) : வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றலால் அயனிகள் சென்றடையும் ஒரு திசு அல்லது திசுவின் வெளி (space), உள்வெளி (inner space) என்று கூறப்படுகிறது. எங்குப் புறவெளி முடிந்து உள்வெளி ஆரம்பமாகிறது என்று தெளிவாக நிர்ணயிக்க முடியாது. இது சைட்டோபிளாஸத்தின் நடுவில் இருக்கலாம் என்பதற்கு ஆதாரங்கள் இருக்கின்றன; எளிதான, தடையற்ற அயனி பரிமாற்றத்தின் காரணமாக சைட்டோபிளாஸ நடுப்பகுதிவரை புறவெளி (free outer space) இருக்கிறது; இதனை அடுத்துதான் உள்வெளி இருக்கவேண்டும் (விவரம் முன்னால் பார்க்க). உள்வெளிக்கும் புறவெளிக்கும் இடையே உள்ள பகுதியில் தனியான அயனிகள் கடத்தப்பட மாட்டாது. இந்தப் பகுதியை ஊடுருவி அயனி செல்ல வேண்டும் என்றால், கடத்திகளின் (Carriers) உதவி தேவை. அயனிகள் புறவெளியில் கடத்திகளுடன் சேரவேண்டும்; இடைப்பட்ட தூரத்தை இந்த சேர்ந்த நிலையிலேயே ஊடுருவவேண்டும்; பின்பு உள்வெளியில் கடத்தியில் இருந்து பிரிந்து விடவேண்டும். இந்தச் செலுத்துதலை தடைசெய்யும் இடைப்பகுதியைப் பொதுவாக சவ்வு என்று கூறுவர்; அவற்றினுள் கடத்திகள் இருப்பதாகக் கொள்வர்.



படம் 5

கடத்திக் கோட்பாட்டை விளக்கும் படம்.
அ. சவ்வு அயனிகளைக் கடத்த முடியாத நிலை.
ஆ. கடத்தி—அயனி கூட்டு உண்டாதல்.
இ. அயனி உள் வெளியில் நீக்கப்படுதல்.

இக்கோட்பாட்டின் முக்கிய அம்சம் இடைப்பட்ட கடத்தி—அயனி கூட்டு (Carrier—ion Complex) உண்டாதல்தான். இந்தக் கூட்டுப் பொருள் செலுத்துதிறனற்ற சவ்வின் வழியாக இடப்பெயர்ச்சி அடைதலும் இக்கோட்பாட்டின் ஒரு முக்கிய அம்ச

மாகும். இந்த இடப்பெயர்ச்சி புறவெளியிலிருந்து உள்வெளி நோக்கிதான் இருக்கும்; மாற்றுத்திசையில் இருக்காது. உள் வெளியை இவ்விதம் அடைந்த அயனிகள் மீண்டும் புற வெளியை அடையாமல் உள்வெளியில் சேமிக்கப்படுகின்றன. இதனைக் குறிக்கும் ஒருபடம் மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 5).

இக்கொள்கை முதல் முதலில் ஃபான்டேன் ஹோனெர்ட் (Vanden Honert) என்பவரால் 1937ஆம் ஆண்டு உருவாக்கப் பட்டது. அதன்பின் பல வல்லுநர்களால் இது ஆதரிக்கப் பட்டுள்ளது. உயிர்ப்பு எடுப்பு பற்றிய மூன்று முக்கிய உண்மைகள் இக்கோட்பாட்டைப் பெரிதும் வலியுறுத்துகின்றன. இவற்றைப்பற்றிக் கீழே காண்போம்.

(i) ஐஸோடோபிக் பரிமாற்றம் (Isotopic exchange) : உயிர்ப்புக் கடத்தலினால் உள்ளெடுக்கப்பட்ட அயனிகளின் பகுதி, அதையே சேர்ந்த வெளிக்கரைசல் அயனிகளுடனோ அல்லது புறவெளி அயனிகளுடனோ பரிமாற்றம் செய்யக்கூடியதாக இருப்பதில்லை. இக்கண்டுபிடிப்பை நிரூபிக்க வல்ல ஆராய்ச்சிகள் கதிரியக்க அயனிகளை உபயோகித்துச் செய்யப்பட்டுள்ளன. எப்ஸ்டீன் என்பவர் (Epstein 1956) இப்பொருள் பற்றி ஆராய்ச்சிக் கட்டுரை ஒன்று எழுதியுள்ளார். உள்வெளியை அடைந்த அயனிகள் மீண்டும் வந்த வழியில் திரும்ப முடியாது என்பது கதிரியக்கப் பொருள்கள் உபயோகித்துச் செய்த ஆராய்ச்சிகள் தெளிவாக்கு கின்றன என்று அவர் எடுத்துக்காட்டி, சவ்வுகள் தனியான அயனிகளைச் செலுத்த வல்லதல்ல என்ற கருத்தினை வலியுறுத்தி யுள்ளார். அப்படியும் அயனிகள் உறிஞ்சப்படுவதால் அதனைக் கடத்திக் கோட்பாட்டின் மூலம்தான் விளக்க முடியும் என்று அவர் கூறுகிறார்.

(ii) பூரிதநிலை விளைவுகள் (saturation effects) : சூழ்ந்துள்ள கரைசலில் உப்பின் செறிவு அதிகமாக அதிகமாக, உறிஞ்சுதல் நிகழ்ச்சியும் ஒரு வரம்பை அடைகிறது. இதை இன்னொரு விதமாகக் கூறினால்; சவ்வின் கடத்திகளின் எல்லாப் பகுதிகளும் ஆக்ரமிக்கப்படும்போதுதான் பூரிதநிலை உண்டாகிறது. உப்பு களின் செறிவு அதிகமாகும் பொழுது கடத்திகளும் அதிக அளவுக்கு ஆக்ரமிக்கப்படுகின்றன. ஒரு கடத்தி புறவெளியி லிருந்து ஒரு அயனியைக் கடத்திக் கொண்டு உள் வெளியை விட்டவுடன் அதனை இன்னொரு அயனி ஆக்கிரமிக்கிறது. இந் நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நடைபெறும். எனவே, பூரித நிலையில் மேற்கூறிய நிகழ்ச்சி சுழற்சியாக நடைபெறுகிறது. எந்தச்

சுழற்சியையும் விரைவுபடுத்த முடியாது (மேலும் உப்பின் செறிவை அதிகப்படுத்தினாலும்).

(iii) குறிப்புத்தன்மை (specificity) : ஏன் வேர்கள் ஒரு சில அயனிகளை மட்டும் தேர்ந்தெடுத்து உறிஞ்சுகின்றன என்பதற்குக் கடத்திக் கோட்பாடு ஓரளவுக்கு ஒத்துக் கொள்ளக்கூடிய விளக்கத்தைக் கொடுக்கிறது. அயனிகள் பல வெவ்வேறு வேகத்துடன் உறிஞ்சப்படுதலும், வெவ்வேறு அளவில் சேமிக்கப் படுதலும் ஒவ்வொரு அயனிக்கும் தனித்தனிக் கடத்திகள் இருக் கின்றன என்பதை வலியுறுத்துகின்றன. இந்தக் குறிப்புத் தன்மை, இரசாயனத் தன்மையில் பெரிதும் வேறுபட்ட இரண்டு அயனிகளிடையே மிகவும் அதிகமாகவும், வலிவானதாகவும் இருக்கிறது; தொடர்புடைய அயனிகளிடையே இந்தக் குறிப்புத் தன்மை அவ்வளவு வலிவாக இல்லை. உதாரணமாக, மோனோ வேலண்ட் நேர்மின் அயனிகளான பொட்டாசியம், சீசியம் (cesium) ருபிடியம் (rubidium) போன்றவை ஒரே கடத்திக்குப் போட்டி போடலாம் என்று தெரியவருகிறது. அதாவது பொட்டாசியம் உறிஞ்சப்படக்கூடிய வேகத்தை ருபிடியம், சீசியம் போன்றவைகளை சேர்ப்பதால் தடை செய்யலாம். சோடியமோ, லிதியமோ. ருபிடியம் உறிஞ்சப்படுதலை தடை செய்யாததால், அவை ருபிடியத்திலிருந்து மாறுபட்ட கடத்தி களின் வாயிலாகக் கடத்தப்படுகின்றன என்று தெரியவருகிறது. இதனை என்ஸைம்களின் செயல்களுக்கு ஒப்பிடலாம் என்று டெவ்லின் (Devlin 1969) கூறுகிறார்.

கடத்திக் கொள்கையை அடிப்படையாகக் கொண்டு, உண்டாக்கப்பட்ட இரண்டு முக்கிய செயல்முறைக் கொள்கை களைச் (mechanism concepts) கீழே காணலாம்.

(a) ஸைட்டோகுரோம் பம்ப் (Cytochrome pump)

அயனி சேகரிப்பு வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றலை நம்பி இருந் தாலும், இரண்டிற்கும் இடையே எந்தவிதமான அளவுத் தொடர்பும் (Quantitative relationship) இருப்பதாகத் தெரியவில்லை; அதாவது அயனி சேகரிப்புக்கும், சுவாசித்தலுக்கும் இடையே இத் தொடர்பு காணப்படுவதில்லை எனினும், லுண்டகார்டும், பர்ஸ்ட்ராமும் (Lundegardh and Burstrom 1933) எதிர்மின் அயனிகள் உறிஞ்சப்படுவதற்கும். ''எதிர்மின் அயனி'' சுவாசித்த லுக்கும் (Anion respiration) மேற்கூறிய தொடர்பு இருப்பதாகக் கூறினர். ஒரு தாவரத்தை நீரிலிருந்து உப்புக்கரைசலுக்கு மாற்றினால் அத் தாவரத்தில் நிகழும் சுவாசித்தல் மிகவும் அதிக மாகியது. சாதாரண அளவு சுவாசித்தலுக்கும், உப்புக்

கரைசலில் வைப்பதனுல் ஏற்படும் சுவாசித்தலுக்கும் இடையே உள்ள அதிகரிப்பு சுவாசித்தலைத்தான் ''உப்பு சுவாசித்தல்'' (Salt respiration) அல்லது ''எதிர்மின் அயனி' சுவாசித்தல் (Anionic-respiration) என்று அவர்கள் அழைத்தனர். மேற்கூறிய ஆராய்ச்சிகளுக்குப்பின் லுண்டகார்டும் மற்றவர்களும் செய்த ஆராய்ச்சிகள் விளைவாக உப்பு உள்ளெடுப்பு பற்றி ஒரு கொள்கை உருவாக்கப் பட்டது. லுண்டகார்டின் இக் கொள்கை கீழ்க்கண்ட மூன்று கருத்துகளையும் மனத்தில் வைத்துக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட தாகும்.

(1) எதிர்மின் அயனிகளை உறிஞ்சும் செயல்முறை நேர்மின் அயனிகளை உறிஞ்சும் செயல்முறையிலிருந்து மாறுபட்டது; இரண்டும் ஒன்றிலிருந்து மற்ருென்று தனித் தனியாக நடைபெறு கிறது.

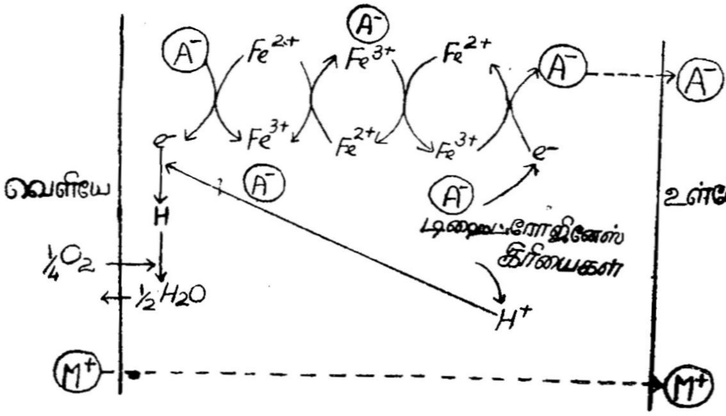
(2) அயனிகள் கடத்தப்படும் சவ்வின் வெளிப்பரப்பிலிருந்து உள் பரப்பு வரை ஆக்ஸிஜனில் ஒரு செறிவு வேறுபாடு (Concentration gradient) காணப்படுகிறது; இதன் காரணமாக வெளிப் பரப்பில் ஆக்ஸிகரண நிகழ்ச்சிகளும், உள் பரப்பில் குறைத்தல் நிகழ்ச்சிகளும் நடைபெறுவதற்கான சூழ்நிலைகள் ஏற்படுகின்றன.

(3) எதிர்மின் அயனிகள் ஸைட்டோகுரோம் தொகுதி மூலம் இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன.

சுவாசித்தலுக்கும் எதிர்மின் அயனிகள் உறிஞ்சப்படு தலுக்கும் அளவுத் தொடர்பு காணப்படுவதாலும் இத் தொடர்பு சுவாசித்தலுக்கும் நேர்மின் அயனிகளுக்கும் காணப்படாததாலும் எதிர்மின் அயனிகள் மட்டும்தான் வீரியத்துடன் கடத்தப்படு கின்றன என்று இக் கொள்கை ஊகிக்கிறது. கார்பன் மோனுக்ஸைடையோ (Carbonmonoxide), ஸயனைடையோ (Cyanide) உபயோகித்தால் 'உப்பு சுவாசித்தலும்', எதிர்மின் அயனி உறிஞ்சப்படுதலும் தடைபடுவதிலிருந்து, லுண்டகார்டு எதிர்மின் அயனிகள் உறிஞ்சப்படுவது ஸைட்டோகுரோம் ஆக்ஸிடேஸ் மூலமாக நடைபெறுகின்றது என்று கூறினுர்; இங்கு ஸைட்டோ குரோம்கள்தான் எதிர்மின் அயனி கடத்தியாகச் செயல்படு கின்றன (படம் 6).

இக் கொள்கையின்படி, சவ்வின் உட்புறம் டிஹைட்ரோஜினேஸ் கிரியைகள் மூலம் புரோட்டான்களும் (H^+), எலக்ட்ரான் களும் (e^-) உண்டாகின்றன. உண்டாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் ஸைட்டோகுரோம் சங்கிலி (Chain) மூலம் வெளிப்பக்கம் நோக்கி

இடர்பெயர்ச்சி யடைகின்றன; அதே சமயத்தில் எதிர்மின் அயனிகள் உட்பக்கம் இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படுகின்றன. சவ்வின் வெளிப்புறம் சைட்டோகுரோமின் குறைக்கப்பட்ட இரும்பு ஆக்ஸிகரணமாக்கப்படுகிறது; இந் நிகழ்ச்சியின் பொழுது இரும்பு ஒரு எலக்ட்ரானை இழந்து எதிர்மின் அயனியை பெறுகிறது. இழக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான், ஒரு புரோட்டானுடனும் ஆக்ஸிஜனுடனும் இணைந்து நீரினை உண்டாக்குகிறது. சவ்வின் உட்பகுதியில்



படம் 6

சைட்டோகுரோம் கடத்திக் கொள்கையை விளக்கும் படம்.

ஆக்ஸிகரணமாக்கப்பட்ட இரும்பு டிஹைட்ரோஜினேஸ் நிகழ்ச்சியினால் குறைக்கப்படுகிறது; இதில் ஒரு எலக்ட்ரான் இரும்புடன் இணைந்து, எதிர்மின் அயனியை உட்பக்கம் அனுப்புகிறது. நேர்மின் அயனிகள் உயிர்ப்பற்ற முறையில் உறிஞ்சப்பட்டு, இரண்டு வகையான அயனிகளிடையேயும் ஒரு சமநிலை (balance) ஏற்பட உதவி செய்கிறது.

சைட்டோகுரோம் கடத்திக் கொள்கை, எப்படி வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றல் எதிர்மின் அயனிகள் உறிஞ்சப்படுவதில் பங்கு வகிக்கிறது என்பதைத் தெளிவாக்கினாலும், பலர் இக் கொள்கையை ஒத்துக் கொள்ளவில்லை; பலர் இதன் குறைகளையும் எடுத்துக் காட்டியுள்ளனர். உதாரணமாக, இராபர்ட்ஸனும் அவரது சகாக்களும் (Roberstson etal 1951), ஆக்ஸிகரண பாஸ்பிகரணி நிகழ்ச்சியைத் தடை செய்யும் டைநைட்ரோஃபீனால் (dinitrophenol) என்ற பொருள், சுவாசித்தலை அதிகமாக்குகிறது. ஆனால், உப்பு உள்ளெடுப்பைக் குறைக்கிறது. எனவே, அவர்கள் கூற்றுப்படி, உப்பு உள்ளெடுப்பை விளக்கும் எந்தக் கொள்கையும் பாஸ்பிகரண நிகழ்ச்சியைத் தன்னில் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

மேலும், எதிர்மின் அயனிகள் மட்டும் தான் சுவாசித்தலை ஊக்குவிக்கும் என்ற கருத்தையும் பலர் கண்டித்திருக்கிறார்கள். உதாரணமாக, பொட்டாசியம், சோடியம் போன்ற நேர்மின் அயனிகளும் சுவாசித்தலை ஊக்குவிக்கிறது.

(b) ATP பங்கு பெறும் கடத்திச் செயல்முறை (Carrier mechanism involving ATP)

ஏற்கெனவே கூறியபடி, 2,4, டைநைட்ரோஃபினால் என்ற பொருள் உப்பு உள்ளெடுப்பைத் தடை செய்கிறது என்ற கண்டு பிடிப்பு, ATP இந் நிகழ்ச்சியில் பங்கு பெறுகிறது என்பதைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது.

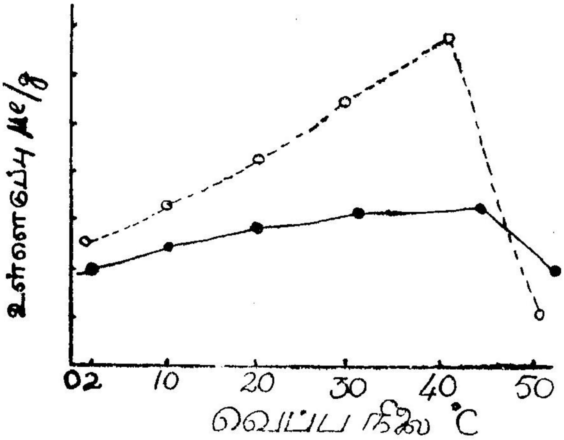
பென்னட்-கிளார்க் (Bennet-clark 1956) தான் ATP இந் நிகழ்ச்சியில் எவ்வாறு பங்கு பெறுகிறது என்பதை விளக்க முதன் முதலில் முற்பட்டார். மற்றபடி கடக்க முடியாத அயனிகளை, சவ்வின் ஊடே பாஸ்போலிபிட்கள் (phospholipids) கடத்துகின்றன என்று அவர் கூறினார். இந்த கடத்தலில் லெஸிதின் (lecithin) என்ற பாஸ்போலிபிட் உண்டாக்கப்பட்டு, சவ்வின் வெளிப்புறம் அயனிகளை ஏற்றுக் கொண்டு, உட்புறம் ஹைட்ரோலிஸிஸ் (hydrolysis) நிகழ்ச்சி மூலம் அவற்றை வெளிவிடுகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சியில் உண்டாக்கப்படுகின்ற ஏதாவது ஒரு பொருள் உண்டாவதற்காவது ATP மிகத்தேவை என்று பென்னட்-கிளார்க் கூறுகிறார்.

(4) உப்பு உறிஞ்சுதலை பாதிக்கும் அம்சங்கள் (Factors affecting salt absorption)

உப்பு உள்ளெடுப்பைப் பாதிக்கும் முக்கிய அம்சங்கள் வெப்பநிலை, ஹைட்ரோஜன் அயனியின் செறிவு, ஒளி, ஆக்ஸிஜன் விசை (oxygen tension) வளர்ச்சிப் போன்றவையாகும்.

(a) வெப்பநிலை: பொதுவாக வெப்பநிலை அதிகமானால் உப்பு உறிஞ்சப்படுதலும் அதிகமாகும்; எனினும் இது ஒரு குறுகிய வரையறைக்குள்தான் நடைபெறும். ஒரு குறிப்பிட்ட அதிகரிப்புக்குப்பின் வெப்பநிலை உப்பு உறிஞ்சலைத் தடை செய்து கடைசியில் நிறுத்தியே விடும் (படம் 7). அதிகப்படியான வெப்பநிலை உப்பு உறிஞ்சலில் நேரடியாகவோ, மறைமுகமாகவோ பங்கு வகிக்கும் என்ஸைம்களைச் சிதைத்து விடுவதே இதற்கு காரணம்.

உயிர்ப்பு, உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல்கள் இரண்டுமே வெப்ப நிலை மாற்றங்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன. அயனிகள் எளிதாக பரவுதல் அந்த அயனிகளின் மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலைச் சார்ந்தது. இந்த இயக்க ஆற்றல் வெப்பநிலையின் அளவைப் பொறுத்தது. எனவே, வெப்பநிலை அதிகமானால் பரவுதலை அடிப்படையாகக் கொண்ட நிகழ்ச்சியும் அதிகமாகும்; குறைக்கப் பட்டால் குறைவாகும்.



படம் 7

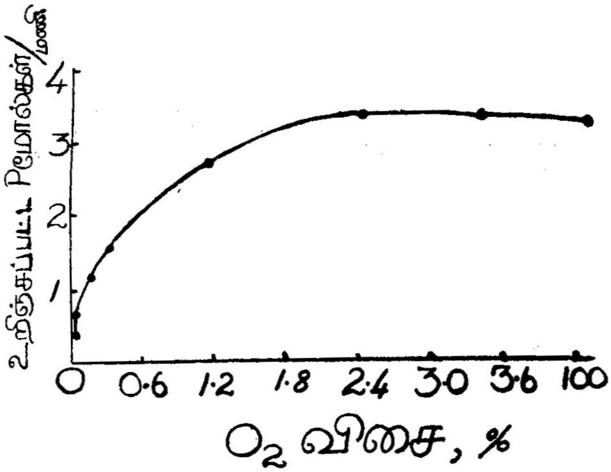
காரட் திசுவில் பொட்டாசிய அயனிகளின் உள்ளெடுப்பை வெப்பநிலை எவ்வாறு பாதிக்கிறது என்பதைக் காட்டும் வரைபடம். தொடர்ச்சியான கோடுகள் அரைமணி நேரத்திலும், தொடர்ச்சியற்ற கோடுகள் 2 மணி நேரத்திலும் உள்ளெடுக்கப்பட்ட பொட்டாசிய அயனி அளவைக் குறிக்கின்றன.

(b) ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு: மண்ணில் அயனிகள் கிடைக்கக்கூடிய நிலையில் இருப்பதை மண்ணில் உள்ள ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு நிர்ணயம் செய்கிறது. எலக்ட்ரோ லைட்களின் அயனியாகும் தன்மையை pH-ல் ஏற்படும் மாற்றங்கள் பெரிதும் பாதிக்கின்றன. உதாரணமாக, மோனோ வேலண்ட் பாஸ்பேட் அயனியான $H_2PO_4^-$ தான் தாவரங்களால் பெரிதும் எடுத்துக்கொள்ளக் கூடிய பாஸ்பரஸ் வகையாகும். மண்ணின் pH காரத்தன்மையை எட்டும் பொழுது முதலில் பைவேலன்ட் பாஸ்பேட்டான HPO_4^{2-}-ம், பின்பு டிரைவேலன்ட் பாஸ்பேட்டான PO_4^{3-}-ம் உண்டாகின்றன. முதலில் கூறியது மிகவும் குறைவாகவும் இரண்டாவது கூறியது கிடைக்காமலும் இருக்கின்றன. இதன் காரணமாக பாஸ்பேட் அயனி தாவரத் தினால் தேவைக்குக் கிடைக்காமல் போய் விடுகிறது. இதே

போன்று பண் அதிக அளவுக்கு அமிலத்தன்மையடையும் பொழுதும் ஒரு சில அயனிகள் தாவரத்திற்கு வேண்டிய அளவில் கிடைக்காமல் போய்விடும்.

(c) ஒளி: ஒளி ஸ்டோமாதுளையின் அளவைக் கட்டுப் படுத்துகிறது என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம். ஸ்டோமா துளையின் அளவு நீராவிப்போக்கு நீர் ஓட்டத்தைப் பாதிப்பதால், அதன் காரணமாக உறிஞ்சப்படும் உப்பின் அளவு பாதிக்கப் படுகிறது. மேலும் ஸ்டோமா துளையின் மூலமாக நுழையும் Co_2 விலிருந்து ஆற்றல்தரும் பொருள்களை ஒளிச்சேர்க்கை மூலம் தயாரிக்கும் நிகழ்ச்சியும் தடைப்படும்; ஆற்றல் உப்பு உறிஞ்சு தலுக்குத் தேவையாதலால் அது பாதிக்கப்படுகிறது.

(d) ஆக்ஸிஜன் விசை: ஆக்ஸிஜன் கிடைக்காத போது, உப்பு உள்ளெடுப்பு நிழ்ச்சியின் முக்கிய நிலையான கடத்திநிலை (Carrier stage) தடைபடும். ஆக்ஸிகரணத்தின் பொழுதுதான் அயனிகளின் கடத்தலுக்குக் காரணமான சைட்டோகுரோம் களும், ATP-யும் உண்டாக்கப்படுகின்றன; செயல்படுகின்றன. அதிக அளவு ஆக்ஸிஜன் கிடைக்கும் பொழுது உப்புகளின் உள்ளெடுப்பும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைவரை அதிகமாகிறது (படம் 8).



படம் 8

பார்லிவேரால் பாஸ்பேட் அயனி உள்ளெடுப்பில் ஆக்ஸிஜன் விசை ஏற்படுத்தும் பாதிப்பைக் குறிக்கும் வரைபடம்.

(e) மற்ற அயனிகளின் செறிவு (Concentration of other ions): ஏற்கெனவே, கடத்திக் கொள்கை பற்றி விவரிக்கும் பொழுது

எப்படி ஒரு சில தொடர்புடைய அயனிகளிடையே கடத்திக் காகப் போட்டி இருக்கிறது என்பது பற்றிக் கூறினோம். பொட்டாசிய அயனி உறிஞ்சப்படுதல் கால்சிய உப்பின் செறிவைப் பொறுத்தது. கால்சியம் அதிகமாக இருந்தால் பொட்டாசிய உறிஞ்சல் அளவு தடைபடுகிறது; குறைவாக இருந்தால் பொட்டாசிய உறிஞ்சல் அளவு அதிகமாகிறது. இதே போன்றுதான் மக்னீசியம் அளவு அதிகமாகவோ, குறை வாகவோ இருந்தாலும் பொட்டாசியம் உள்ளெடுப்பு பாதிக்கப் படுகிறது.

(f) வளர்ச்சி: தாவரங்களின் வளர்ச்சியின் விளைவாக உப்பு உள்ளெடுப்பும் பெருமளவுக்குப் பாதிக்கப்படுகிறது. ஒரு திசுவின் அல்லது தாவரத்தின் வளர்ச்சியின் விளைவாக புறப்பரப்பு (Surface area) அதிகமாகிறது; செல்களின் எண்ணிக்கை அதிக மாகிறது; பல புது, அயனிகளின் இணைப்புப்பகுதிகள் (binding sites) உண்டாக்கப்படுகின்றன. மேற்கூறியவை எல்லாம் உப்பு உள்ளெடுப்பைப் பெரிதும் பாதிக்கின்றன. மேலும், செல்கள் வளர்ச்சி அடைந்து முதிரும் பொழுது, அதிகப் படியான நீர் உறிஞ்சப்பட்டு செல்லின் உள்ளே கரைசலின் செறிவு குறைக்கப் படுகிறது. இதன் விளைவாக அதிகபடியான உப்புகள் உறிஞ்சப் படுகின்றன.

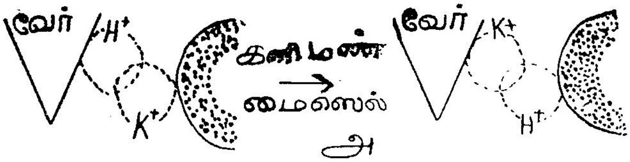
வேர்கள் முதிர்ச்சியடையும் பொழுது அவற்றின் பெரும் பாலான புறப்பரப்பு சூபரின் போன்ற பொருள்களால் தடிப் பேற்றப்பட்டு உப்பு உறிஞ்சல் தடைபடுகிறது. ஸ்டீவர்டும், ஸட்கிளிப்பும் (Steward & sutcliffe1959) தாவர வளர்ச்சியின் விளைவாக உப்பு உறிஞ்சல் எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்கியுள்ளார்கள்.

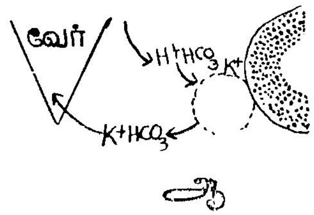
(5) உப்புகள் கடத்தப்படுதல் (Translocation of salts)

இதனை இரண்டு நிலைகளில் படித்தறியவேண்டும். (i) எப்படி உப்புகள் மண்ணிலிருந்து தாவரத்திற்கு கடத்தப்படுகிறது? (ii) எப்படி வேரிலிருந்து தாவரத்தின் மற்றப் பகுதிகளை அடைகிறது?

(i) மண் கரைசலிலிருந்து வேரை அடைதல்: இதனை விளக்கு வதற்கு இரண்டு கொள்கைகள் கூறப்பட்டுள்ளன. இரண்டு கொள்கைகளும் பலரால் ஆதரிக்கப்பட்டும் எதிர்க்கப்பட்டும் வந்திருக்கின்றன.

(a) நேரடிப் பரிமாற்றக் கொள்கை (Contact exchange theory): இக் கொள்கையை உருவாக்கியவர்களில் முக்கியமானவர்கள் ஜென்னியும், ஓவர்ஸ்டிரீட்டும்தான் (Jenny & overstreet 1939). இக் கோட்பாட்டின்படி வேரில் உள்ள நேர் அயனிகள், களிமண் துகள்களுடன் இணைந்துள்ள நேர் அயனிகளுடன் நேரடியாக இடப் பரிமாற்றம் செய்து கொள்கின்றன; நிலக்கரைசலின் வழியாகச் செல்ல வேண்டும் என்ற அவசியம் இல்லை. சுந்தரம் (1970) இந் நிகழ்ச்சியைப் பின்வருமாறு சுருக்கித் தருகிறார் : "வேருடனும், களிமண் துகள்களுடனும் இணைந்துள்ள நேர் அயனிகள் நிலையாக இல்லை. அவை ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியினுள் இடைவிடாது அலைவுற்று (oscillating) கொண்டிருக்கின்றன. இப் பகுதி அலைவுப் பகுதி எனப்படுகிறது. இவ்விரு அயனிகளின் அலைவுப் பகுதிகளும் தொடர்பு கொள்ளும்போது இரண்டிற்கும் இடையே நேரடிப் பரிமாற்றம் நடைபெறுகிறது." (படம் 9அ+10)





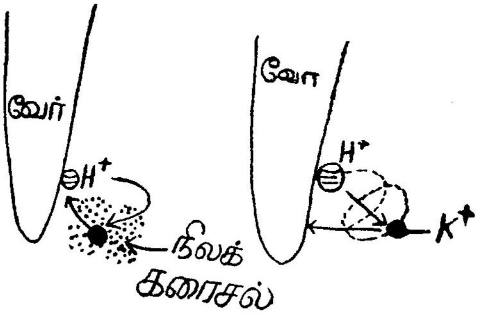
படம் 9

வேருக்கும் மண்ணுக்கும் இடையே உப்புகள் பரிமாற்றமடைவதை விளக்கும் இரு கொள்கைகள்.
அ. நேரடிப் பரிமாற்றக் கொள்கை.
ஆ. கார்பானிக் அமில மாற்றக் கொள்கை.

(b) கார்பானிக் அமில மாற்றக் கொள்கை (Carbonic acid exchange theory)

இக் கொள்கையின்படி மண் கரைசல்தான் மிக முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது; ஏனெனில் இது களிமண் துகள்களுக்கும் வேருக்கும் இடையே ஏற்படும் அயனி பரிமாற்றத்தை இணைக்கிறது. வேர்கள் சுவாசிக்கும் பொழுது வெளியேறும் CO_2 மண் கரைசலுடன் தொடர்பு கொள்ளும் பொழுது கார்பானிக் அமிலமாக மாறுகிறது. மண் கரைசலில் கார்பானிக் அமிலம் பிளவுபட்டு

ஒரு நேர்மின் அயனியையும் (H^+) ஒரு எதிர்மின் அயனியையும் (HCo_3^-) உண்டாக்குகிறது. ஹைட்ரஜன் அயனி களிமண் நுண் துகள்களுக்குப் (micelles) பரவி அங்குக் களிமண்ணுடன் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் நேர்மின் அயனியை நீக்கிவிட்டு அவ்விடத்தை ஆக்கிரமிக்கின்றன. இதன் விளைவாக நீக்கப்பட்ட நேர்மின் அயனிகள் மண் கரைசலை அடைகின்றன; கரைசலின் ஊடே நகர்ந்து வேரின் புறப்பரப்பை அவை அடைந்து அங்கு ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் H^+ அயனிகளை நீக்கி அவ்விடத்தை ஆக்கிரமிக்கின்றன. (படம் 9)



படம் 10
நேரடி அயனி பரிமாற்றம்.

(ii) வேர்ப் புறப்பரப்பிலிருந்து வேரின் சைலத்தை உப்பு அடைதல்

பொதுவாக, வேரினுல் உறிஞ்சப்பட்ட உப்புகளின் அயனிகள் மிகவும் எளிதாகத் தடையின்றி வேரின் எண்டோடெர்மிஸ் (endodermis) வரை இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றனஎன்றும் அதன் பின் அது காஸ்பேரியன் தடுப்புகளால் தடை செய்யப்படுகின்றன என்றும் கூறப்படுகிறது. பெரும்பாலான ஆராய்ச்சிகளின் விளை வாக, வேரின் புறத் தோலிலிருந்து எண்டோடெர்மிஸ் வரை அயனிகள் அடைவதற்கு வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றல்கள் தேவை இல்லை என்பது தெரிய வருகிறது. எனினும் ஒரு செல்லில் இருந்து மற்றொரு செல்லை எவ்வாறு அயனிகள் அடைகின்றன என்பது பற்றித் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. எனினும், இவ்விடத்தில் இரண்டு வார்த்தைகள் (words) பற்றித் தெளிவாக அறிந்து கொள்ளல் அவசியமாகிறது. அவையாவன அபோபிளாஸ்ட் (apoplast), ஸிம்ப்ளாஸ்ட் (symplast) என்பனவாகும். புறத் தோலிலிருந்து சைலம் வரையுள்ள செல்களின் சுவர்களு'ம், செல் இடைவெளிகளுமாகச் சேர்ந்து உண்டாக்கும் தொடர்ச்சியான அமைப்பு அபோ பிளாஸ்ட் என்றும் மேற்கூறிய செல்கள்

எல்லாம் தொடர்ச்சியாக பிளாஸ்மோ டெஸ்மாக்கள் இணைக்கப் பட்டால் இவ்வமைப்பை ஸிம்பிளாஸ்ட் (symplast) என்றும் கூறுவர். வேரின் எண்டோடெர்மிஸ் கீழ் புறணி அடுக்கு வரை அயனிகள் அபோபிளாஸ்ட் மூலமாகச் செல்ல முடியும் என்று ஸ்காட் கூறுகிறார். பின்பு அங்கிருந்து சைலம் குழாயை உப்புகள் எவ்வாறு அடைகின்றன என்பது பற்றித் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. எண்டோடெர்மிஸில் உள்ள காஸ்பேரியன் தடிப்புகள் இக் கடத்தலைத் தடை செய்யும். எனவே, உறையின் வழியாக இடப்பெயர்ச்சி அடைவது முடியாத காரியம். எனவே, ஸிம்பிளாஸ்ட் வழிதான் கடத்தல் நிகழ்ச்சி நடைபெற வேண்டும். புரோட்டோபிளாஸ ஓட்டங்கள் (streaming) இந் நிகழ்ச்சியில் பங்கு பெறலாம் என்று நம்பப்படுகிறது. நீரின் உயிர்ப்பு எடுப்பு பற்றிய பகுதியில் (அத்தியாயம் 8) எவ்வாறு உப்புகள் புறணிப் பகுதியிலிருந்து வேரின் சைலத்தை அடைகிறது என்பது பற்றிக் கூறப்பட்டுள்ளது.

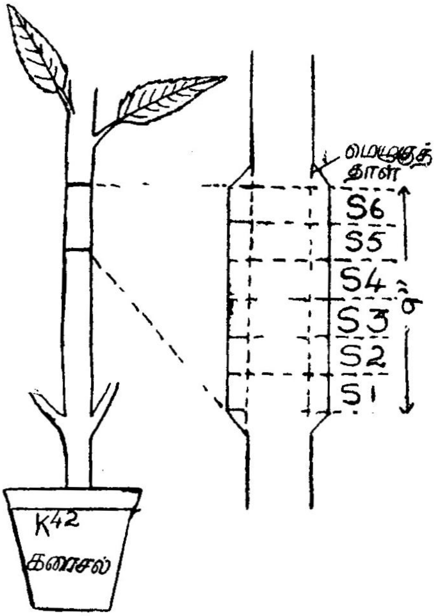
(iii) மற்றப் பாகங்களுக்கு வேரிலிருந்து சைலம் மூலம் உப்பு கடத்தப்படுதல் (Trsnslocation of salts from the root to the other parts through xylem)

மேற்கூறிய முறையில் வேரின் சைலத்தில் சேகரிக்கப்பட்ட உப்புகள் நீராவிப்போக்கு நீர் ஓட்டத்தினால் (Transpiration stream) மேல் நோக்கி இடப் பெயர்ச்சியடைகின்றன என்பதற்குப் பல ஆதாரங்கள் கிடைத்துள்ளன. பல முறைகளில், சைலம் உப்புகள் இடப்பெயர்ச்சி அடைவது நிரூபிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வளையச் சோதனைகள் (ringing experiments) மூலம் புளோயத்தை நீக்கினாலும் சைலம் மூலம் கடத்தப்படும் உப்புகளின் ஏற்றம் தடை செய்யப்படுவதில்லை. சைல சாற்றினை நேரடியாக ஆராய்ந்த போது அதில் கரைசல் நிலையில் பல உப்புகள் இருப்பது தெரிய வந்தது.

நீராவிப் போக்கின் விளைவாக உப்புகள் மேல் நோக்கி நகர்கின்றன என்ற கொள்கை உண்மையென்றால், அதிக அளவு நீராவிப் போக்கு ஏற்படும் பொழுது அதிக அளவு உப்புகளும் இடப்பெயர்ச்சி அடைய வேண்டும். இது உண்மைதான் என்று பல தாவரங்களில் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாக தக்காளித் தாவரத்தில் கதிரியக்கம் கொண்ட பாஸ்பேட் நீராவிப் போக்கு அதிகமாக இருக்கும் பொழுது இலையின் நுனிவரை இடப்பெயர்ச்சி அடைந்ததாக நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. இதேபோன்று, ஒரு தாவரத்தின் இலை ஒன்றை பாலிதீன் பை போட்டு மூடி விட்டால் (நீராவிப் போக்கு நடைபெறாது) அந்த இலையைக் கனிம உப்புகள்

அடைவதில்லை என்ற ஆராய்ச்சியும் மேற்கூறிய கருத்தை வலியுறுத்துகிறது.

சைலம் மூலம் கனிம உப்புகள் இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன என்பதற்கு மிகவும் வலிவுள்ள சான்றாக ஸ்டௌட்டும் ஹோக் லாந்தும் (stout & Hogland 1939) செய்த ஆராய்ச்சிகள் இருக் கின்றன. வில்லோ (Willow) தாவரத்தின் தண்டின் ஒரு பகுதியில் (கிட்டத்தட்ட 9'' நீளம்) சைலத்தையும், பட்டையையும் (புளோயத்தையும்) மிகவும் கவனமாக ஒரு மெழுகு தடவிய தாளினால் பிரித்தனர். சைலத்திற்கும் பட்டைக்கும் தொடர்பு விட்டுப் போகாத முறையில் தாள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பின்பு இந்தத் தாவரத்திற்கு கிட்டத்தட்ட 5 மணி நேரத்திற்குக் கதிரி யக்க பொட்டாசியம் உப்புக் கொடுக்கப்பட்டது. தண்டின் இப் பகுதியில் பல குறுக்கு வெட்டுகள் (11-ஆம் படத்தில் குறிப் பிட்ட இடங்களில்) எடுக் கப்பட்ட கதிரியக்க பொட்டாசியத்திற்காக ஆராயப்பட்டன. முடிவு கள் அட்டவணையில் (அட்டவணை 6) கொடுக் கப்பட்டுள்ளன. பொட் டாசியம் நிச்சயம் மேல் நோக்கி இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது என்பதை இச் சோதனை நிரூபிக் கிறது. சோதனை செய்த பகுதிக்கு மேலும் கீழும் ஆராய்ந்த பொழுது, சைலத்திற்கும் புளோ யத்திற்கும் இடையே பக்கவாட்டு இடப் பெயர்ச்சி நடைபெறு கிறது என்று தெரிய வரு கிறது. ஆனால், இந்த இடப்பெயர்ச்சி மிகவும் குறைவு. இச் சோதனை மூலம், சைலம் வழி யாகத்தான் பெரும்பாலான கனிம இடப்பெயர்ச்சி நடை பெறுகிறது எனத் தெரிய வருகிறது. சைலத்திற்கும் புளோயத் திற்கும் இடையே இடப்பெயர்ச்சி நடைபெறுவது பல தாவரங் களில் பின்னால் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது.



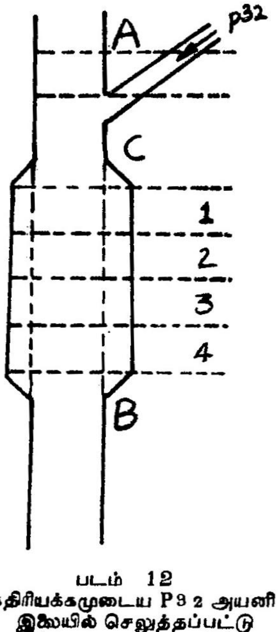
படம் 11

பொட்டாசிய உப்பு, தாவரத்தில் சைலம் மூலம் மேல் நோக்கியும் பக்க வாட்டிலும் கடத்தப்படுதலை விளக்கும் படம்

அட்டவணை-6

படம் 11ல் விளக்கப்பட்டுள்ள சோதனையின் முடிவுகள்

குறுக்கு வெட்டுப் பகுதி	பட்டை எடுக்கப் பட்ட கிளை		பட்டை எடுக்கப் படாத கிளை	
	K 42 பட்டையில் PPm	K 42 சைலத்தில் PPm	K 42 பட்டையில் PPm	K 42 சைலத்தில் PPm
பகுதி 1	53·0	47	64	56
பகுதி 2	11.6	119		
பகுதி 3	0·9	122		
பகுதி 4	0·7	112	87	69
பகுதி 5	0·3	98		
பகுதி 6	0·3	108		
பகுதி 7	20·0	113		
பகுதி 8	84·0	58	74	69



படம் 12
கதிரியக்கமுடைய P32 அயனி இலையில் செலுத்தப்பட்டு புளோயம் மூலம் தண்டுப் பகுதியைக் கீழ்நோக்கி அடைதலை விளக்கும் படம்.

(iv) புளோயம் மூலம் உப்புகள் கடத்தப்படுதல் (Translocation of salt through Phloem)

1935-ஆம் ஆண்டு கர்ட்டிஸ் (Curtis) புளோயத்தின் மூலமும் உப்புகள் மேல்நோக்கி இடப் பெயர்ச்சி அடைகின்றன என்று எடுத்துக் காட்டினார். தண்டு நுனி ஆக்குத்திசு ஒரு சிறிய வளையமாகப் பட்டையை நீக்கினால் அழிக்கப் படுவதை வைத்து இக்கருத்தினைத் தெரிவித்தார். எனினும், கர்ட்டிஸ் நீக்கிய வளையப்பட்டைத் தண்டில் சற்று மேல் பகுதியில் இருந்ததால் அவருடைய கருத்தை முழுதும் ஒத்துக்கொள்ள முடியாது. எனினும், புளோயத்தின் மூலமாகக் கீழ் நோக்கிய இடப்பெயர்ச்சி நடை பெறலாம் என்பதற்குச் சான்றுகள் இருக்கின்றன. இலையை அடைந்த உப்புகள் இலையிலிருந்து தண்டின் பிரதான வாஸ்குலார் கற்றையை அடைந்தால் அங்கிருந்து கீழ்நோக்கி

புளோயத்தின் மூலம் இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. இதனை பிட்டெல்ஃபும் அவருடைய சகாக்களும் (Biddulph & his Coworkers) நிரூபித்துள்ளார்கள். இவர்கள் சோதனைக்கு கதிரியக்க P^{32}-ஐ உபயோகித்துள்ளார்கள்.

இந்தச் சோதனை மூலமும் புளோயத்திற்கும் சைலத்திற்கும் இடையில் பக்கவாட்டு இடப்பெயர்ச்சி நடைபெறுகிறது என்று தெரியவருகிறது.

இரண்டு திசைகளிலும் உப்புகள் புளோயம் திசுவில் கடத்தப் படலாம் எனத் தெரியவருகிறது. எனினும் இரண்டு வெவ்வேறு விதமான புளோய வழிகள்மூலம் இந்த இருதிசை இடப்பெயர்ச்சி நடைபெறுகிறது என்று கிராப்ட்ஸ் (Grafts 1951) கூறுகிறார்.

அட்டவணை-7

படம் 12-ல் விளக்கப்பட்டுள்ள சோதனையின் முடிவுகள்
P^{32} அளவு மில்லிகிராமில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது

குறுக்கு வெட்டுப் பகுதி	பட்டை நீக்கப்பட்ட தாவரம்			பட்டை நீக்கப்படாத தாவரம்		
	பட்டை		சைலம்	பட்டை		சைலம்
பகுதி 1		1·11				
பகுதி 2	0·458		0·100		0·444	
பகுதி 3		0·610				
பகுதி 4	0·554		0·064	0·060		0·055
பகுதி 5	0·332		0·004	0·103		0·063
பகுதி 6	0·592		0·000	0·055		0·018
பகுதி 7	0·228		0·004	0·026		0·007
பகுதி 8		0·653			0·052	

(v) இலையிலிருந்து உப்புகள் வெளியேறல்

இலையுதிர் தாவரங்களில் கனிம ஊட்டம் பற்றி ஆராய்ந்த பொழுது, இலை விழுவதற்கு முன்பு இலையில் இருந்து உப்புகள் எல்லாம் இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன என்று தெரியவந்தது. இவற்றில் முக்கியமானவை நைட்ரஜன், பொட்டாசியம், பாஸ்பரஸ், கந்தகம், குளோரின், இரும்பு, மக்னீசியம் (கடைசி இரண்டும் ஒரு சில சமயங்களில் மட்டும்). இந்த இடப்பெயர்ச்சி பெரும்பாலும் புளோயம் வழியாகத்தான் நடைபெறுகிறது.

(vi) கனிமங்களின் சுழற்சியும், மீண்டும் எடுத்துக் கொள்ளப் படுதலும் (Circulation and reutilization of mineral elements)

பாஸ்பரஸ், கந்தகம் போன்ற கனிமங்கள் தொடர்ச்சியாகத் தாவரத்தினுள், மேலும், கீழும் பக்கவாட்டிலும் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்து கொண்டே இருக்கின்றன. அதிலும் பாஸ்பரஸ் தாவரங்களுக்குத் தேவையான கனிமங்களில் மிக முக்கியமானதாக இருப்பதால் இந்தச் சுழற்சி மிக மிக அவசியம். நைட்ரஜன், பொட்டாசியம் போன்றவையும் தாவரத்தினுள் சுழற்சி அடையலாம். கால்சியம் மேல்நோக்கித்தான் இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறதே தவிர கீழ்நோக்கி இடப்பெயர்ச்சி அடைவதில்லை.

பாஸ்பரஸ் அணு ஒவ்வொன்றும் ஒரே நாளில் பல முழுச் சுழற்சிகளைத் தாவரத்தில் மேற்கொள்கின்றன என்று பிட்டெல்ஃப் கண்டுபிடித்துள்ளார். கந்தகமும் பாஸ்பரஸ் போன்று இடப்பெயர்ச்சி அடைந்தாலும், பாஸ்பரஸ் அளவு சுழற்சி அடைவதில்லை. ஏனெனில் அது உடனுக்குடனே பல பொருள்களில் சேர்ந்து விடுகிறது.

4. தாவர வளர்சிதை மாற்றத்தில் கனிமங்களின் பங்கு

(Role of minerals in plant metabolism)

முதல் மூன்று அத்தியாயங்களில் முக்கிய கனிமங்களைப் பற்றிய வரலாறு, கிடைத்தல் (availability), உறிஞ்சப்படும் செயல் முறை, கடத்தல் ஆகியவற்றைப்பற்றிப் பார்த்தோம். எனினும், தனித் தனி கனிமங்கள் பற்றியும், அவை தாவர வளர்சிதை மாற்றத்தில் பெறும் பங்கு பற்றியும், அவற்றின் பற்றுக் .குறையால் தாவரங் களில் காணப்படும் வெளி, உள் நோய்க் குறிகள் பற்றியும் தெளிவாக இந்த அத்தியாயத்தில் பார்ப்போம். ஒவ்வொரு கனிமத்தின் செயல் பற்றியும் பெரும்பாலும் கனிம ஊட்டச் சோதனைகள் மூலம் கிடைக்கப்பட்ட முடிவுகள்தான் கொடுக்கப் பட்டிருக்கின்றன. பல சோதனைகள் சாதாரண தாவர வாழ் சூழ்நிலையில் செய்யப்படாததால், ஊட்டச் சோதனைகள் மூலம் தெரிந்த ஒவ்வொரு கனிமத்தின் வேலைகளையும் அப்படியே 100 சதவிகித உண்மை என்று எடுத்துக் கொள்ளக்கூடாது.

தனித்தனிக் கனிமங்களின் செயல் பற்றிக் கூறும் பொழுது கனிமங்கள் எந்தவித வகைப்பாட்டின் பின்னும் அடுக்கப்பட வில்லை (Not arranged according to any classification). மேலும், ஒரு கனிமத்தின் பற்றுக் குறையால் ஏற்படும் விளைவுகள் மற்றக் கனிமங்களின் செயல்களையும், அளவினையும் ஓரளவுக்குப் பாதிப்பதால், பற்றுக்குறைக் குறிகளையும் சற்றுக் கவனத்துடன் ஒத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

பொட்டாசியம் (Potassium)

மற்ற மேக்ரோ கனிமங்களைப் போன்றல்லாது, தாவரங்கள் தொடர்ந்து வாழத் தேவையான எந்த அங்ககப் பொருள்களையும் பொட்டாசியம் உண்டாக்குவதாகத் தெரியவில்லை. பெரும்பாலும் இது தாவரத்தினுள் அனங்கக உப்புக்கரைசலாகத்தான் (Inorganic salt solution) காணப்படுகிறது. எனினும் அது அங்கக அமிலங்களுடன் (organic acids) உப்புகளை உண்டாக்கலாம் என்று தெரியவருகிறது.

பொட்டாசியம் தாவரங்களுக்கு மிக முக்கியமான தேவையாகும். பொட்டாசியத்தை ஒத்திருக்கின்ற சோடியம் (Sodium), லித்தியம் (Lithium) போன்ற கனிமங்களாலும் அதனை முழு அளவில் ஈடு செய்யமுடியாது. பொட்டாசியத்தின் வேலையைக் குறிப்பிட்டுக் கூறமுடியாது. எனினும் பல தாவரங்களில் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, பொட்டாசியம் இல்லாவிடிலோ அல்லது குறைவாக இருந்தாலோ ஏற்படும் மாற்றங்கள் மிகக் குறிப்பிடத்தக்கனவாக இருக்கின்றன. பொட்டாசியப் பற்றுக்குறை தாவரத்தில் அதிக விழுக்காடு கரையும் நைட்ரஜன் பொருள்கள் (Soluble nitrogenous substances) [அதாவது அமினோ அமிலங்களும், அமைடுகளும் (Amides)] காணப்படுவதும், பொட்டாசியம் அதிகமாக உள்ள தாவரத்தில் புரோட்டீன்கள் அதிகமிருப்பதும், பொட்டாசியம் புரோட்டீன் வளர்சிதை மாற்றத்தில் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது என்பதை எடுத்துக் காட்டுகிறது. பொட்டாசியம் குறைவாகக் கொண்ட தாவரத்தை அம்மோனியம் உப்புக் கொண்ட நிலத்தில் வளர்க்கும் பொழுது அத்தாவரத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் இக் கருத்தை மேலும் வலியுறுத்துகிறது. இத்தாவரங்களில் அம்மோனியா புரோட்டீனாக மாறாமல் அதிக அளவுக்குச் சேர்க்கப்படுவதால் அவை மிகவும் பாதிக்கப்படுகின்றன; அம்மோனியா ஊறு விளைவிக்கும் அளவுக்கு இலைகளிலும், தண்டுகளிலும் சேமிக்கப் படுகிறது.

பொட்டாசியப் பற்றுக்குறையால் கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றமும் அதிக அளவுக்குப் பாதிக்கப்படுகிறது. ஒளிச் சேர்க்கை தடைபட்டுச் சுவாசித்தல் அதிகமாக்கப்படுகிறது. எனினும் முதல் அறிகுறி (Symptom) நைட்ரஜன் வளர்சிதை மாற்றம் தடைபடுதல்தான். பொட்டாசியப் பற்றுக்குறை தொடர்ந்து ஏற்பட்டால் கார்போஹைட்ரேட்டின் அளவு மிகவும் வேகமாகக் குறைகிறது.

செல் புரோட்டோ பிளாஸம் வீங்குதலில் (Swelling) பொட்டாசியம் பெரும்பங்கு வகிப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. அதிக பொட்டாசியம் அதிக வீக்கத்தை ஏற்படுத்தும். இதற்குக் காரணம் செல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தை பொட்டாசியம் அதிகப் படுத்துவதுதான். எல்லா வளர்சிதை மாற்றங்களும் நடைபெறுவதற்கு எந்த அளவு புரோட்டோ பிளாஸ வீக்கம் தேவையோ அந்த அளவு பொட்டாசியம் உண்டாக்குகிறது. முக்கியமாக விதை முளைத்தலின் பொழுது இக் கட்டுப்பாடு மிகவும் தெளிவாகத் தெரிகிறது. செல்களின் நீர்ப் பொருளாதாரத்தை (Water economy) பதிக்கும் பொட்டாசியம் போன்ற எந்த

அயனியும் புரோட்டோ பிளாஸத்தின் வீங்கும் தன்மையைப் பாதிக்கும் முகத்தான் அதில் ஏற்படும் எல்லா வளர்சிதை மாற்றங்களையும் கட்டுப்படுத்தலாம். நீர்ப் பற்றுக்குறையினுல் ஏற்படும் விளைவுகளிலிருந்து தாவரத்தைப் பொட்டாசியம் பாதுகாக்கிறது; குளிர்ந்த வெப்ப நிலையால் ஏற்படும் விளைவுகளிலிருந்தும் தாவரத்தை இது பாதுகாப்பதாகப் பலர் கருதுகின்றனர். ஸ்வைகார்ட் (Schweigart 1951) கூற்றுப்படி பொட்டாசியம் அபோ என்ஸைம்களுக்கும் (Apoenzymes) கோ என்ஸைம்களுக்கும் (Coenzymes) இடைப்பட்ட வேலையைச் செய்கிறது. பிர்ஸன் Pirson 1960) கூற்றுப்படி பாஸ்பீகரண என்ஸைம்களின் (Phos--phorylating enzymes) செயல்களைப் பொட்டாசியம் கட்டுப்படுத்துகிறது.

பொட்டாசியம் தாவரத்தினுள் மிகவும் நிலையற்றது (Mobile) மிகவும் வேகமாகத் தாவரத்தினும் பங்கீடு செய்யப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சி தாவரத்தின் வாழ்நாள் முழுவதும் தொடர்ந்து காணப்படும். பெரும்பாலும் மிகவும் வயதான இலைகளிலிருந்தும், மற்ற உறுப்புகளிலிருந்தும் வளரும் பகுதிகளுக்கும், ஆக்குத் திசுப் பகுதிகளுக்கும் பொட்டாசியம் இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. இதன் காரணமாக நுனி ஆதிக்கம் (apicab dominance) பொட்டாசியப் பற்றுக்குறைத் தாவரங்களில் குறைக்கப்படுகிறது அல்லது இல்லாமல் போய்விடுகிறது.

பொட்டாசியப் பற்றுக்குறைவு காரணமாக ஏற்படும் உள்ளமைப்பு அறிகுறிகள் (anatomical symptom) குறித்து பஸ்லர் (Bussler 1962) 18 குடும்பத்தைச் சேர்ந்த 37 தாவர சிற்றினங்களில் ஆராய்ச்சி செய்தார். அவர் கண்ட உண்மைகளைப் பின்வருமாறு சுருக்கலாம்:

(i) ஸெல் சுருங்கல் (Cell shrnikage) : இலையின் ஸெல்கள் பொட்டாசியத்தை இழக்கும்பொழுது அவை தம்முடைய விறைப்புத் தன்மையையும் (Turgor) இழக்கின்றன. இந்த ஸெல்கள் முதலில் உருவத்தில் சிறிதாகின்றன. ஸெல் உறை ஆங்காங்கு உள்ளடங்கிக் (Sinuati) காணப்படுகின்றது. இதனுடனேயே ஸெல்'லின் ஆஸ்மாடிக் அளவும் (Osmotic value) குறைகிறது. குளிரால் பாதிக்கப்படும் தன்மையும் (Cold sensitivity) அதிகரிக்கிறது. எனினும் இந் நிலையில் ஸெல்லின் உள்ளடக்கப் பொருள்கள் காலியாவதில்லை.

(ii) பல ஸெல்களில் ஸெல் சுருங்கல்: பற்றுக்குறை அதிகமாகும் பொழுது பல ஸெல்களில் சுருங்கல் ஏற்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஸெல்லின் நீள் தன்மைக்கு அவசியமான விறைப்பு மறைகிறது. ஒழுங்கற்ற திசு விறைப்புகளால் இலைகளும், தண்டுகளும் மிகவும்

விகாரமான தோற்றத்தைப் பெறுகின்றன; கணு விடைகள் குறுகுகின்றன; இலைகள் அடர்ந்திருப்பது போன்று தோற்றமளிக்கின்றன; வேர்த் தொகுதியும் மிகவும் நலிவடைகிறது. முதிர்ந்த கணுவிடைகளில் புறணி செல்கள் ஆங்காங்கே குறைவான விறைப்பைப் பெறுவதால் சில இடங்களில் பிளவுகள் ஏற்படுகின்றன.

மேற்கூறிய இரண்டு நிலைகளை அடைந்த தாவரங்களுக்கு பொட்டாசியம் கொடுக்கப்பட்டால் அவை மீண்டும் பழைய நிலையை அடைகின்றன. ஆனால், இந் நிலையையும் கடந்து பற்றுக் குறை ஏற்பட்டால் பொட்டாசியம் மீண்டும் கொடுத்தால்கூட தாவரம் பிழைக்காது.

(iii) பல செல்கள் அழிதல் (Collapse) : மேலும் பற்றுக்குறை ஏற்படும்பொழுது சுருங்கிய செல்கள் தாமே அழிவடைகின்றன; அல்லது அக்கம்பக்கத்து செல்கள் பெரிதாவதால் அழிக்கப்படுகின்றன. பல செல்கள் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக இறக்கும்பொழுது 'படலங்கள்' (Layers) உண்டாக்கப்பட்டு இறந்த திசுவை உயிருள்ள திசுக்களிலிருந்து பிரிக்கின்றன. இந்தப் படலங்கள் குறுக்குவெட்டில் எந்தவித ஒழுங்குமின்றி உண்டாவதால் உணவுப் பொருள்களின் இடப்பெயர்ச்சி தடைபடுகிறது. பொட்டாசியக் குறைவு ஓர் உறுப்பின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் ஒரே சமயத்தில் ஒரே அளவு மாற்றங்களை உண்டாக்குவதில்லை. இந்த விதத்தில் இது மற்றக் கனிமங்களிலிருந்து மாறுபடுகிறது.

அழிவுற்ற செல்களுக்கும், படலங்களுக்கும் அருகாமையில் உள்ள செல்கள் பெரிதாகிப் பகுப்படைகின்றன.

(iv) புள்ளிச் சிதைவு (Point necrosis): பொட்டாசியப் பற்றுக் குறையினால் ஏற்படும் குறிகளில் சாதாரணமாகக் கண்ணுக்குத் தெரியக்கூடிய முதல் அறிகுறி புள்ளிச் சிதைவுதான். பொதுவாக இது முதிர்ந்த இலையின் மேற்பக்கமோ, கீழ்ப் பக்கமோ ஏற்படலாம்.

(v) பரப்புச் சிதைவு (Area necrosis): தொடர்ந்து பொட்டாசியப் பற்றுக்குறை நீடிக்கும் பொழுது, புள்ளிச் சிதைவுகள் அதிகரித்துக் கொண்டே வந்து ஒன்றை ஒன்று தொடும். வலை நரம்பமைப்பு இந்த நிகழ்ச்சியை எந்த விதத்திலும் தடை செய்வதில்லை. பரப்புச் சிதைவுகாரணமாகப் பாதிக்கப்பட்ட பகுதிகள் காய்ந்து, கருகி விழுந்துவிடுகின்றன.

தாவரத்தினுள் பொட்டாசிய இடப்பெயர்ச்சி

தாவரத்தினுள் பொட்டாசியம் இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது என்று ஏற்கெனவே பார்த்தோம். மேலும், இது முதிர்ந்த

இலைகளிலிருந்து இளம் பகுதிகளை அடைகிறது என்றும் பார்த்தோம். இது பின்வருமாறு நடைபெறலாம் என்று தெரியவருகிறது; முதிர்ந்த இலைகளிலிருந்து பொட்டாசியம் சர்க்கரை பாஸ்போரிக் அமில எஸ்டர்களுடன் (Sugar phosphoric acid esters) முதலில் சேருகிறது. இதன் விளைவாக இவை அமில-கார இடைத் தன்மையை (Neutralised) அடைகிறது. இலைகளின் பாரங்கைமா செல்களிலிருந்து பொட்டாசியம் மேற்கூறிய பொருளுடன் இணைந்து புளோயத்தின் துணை செல்களை (Companion cells) அடைகின்றது. துணை செல் களில் டீபாஸ்பீகரண நொதிகள் (Dephosphorylation enzymes) அதிக அளவில் காணப்படுகின்றன. இங்கு பாஸ்போரிக் அமிலம் பிளக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாகச் சர்க்கரை எஸ்டராக மாறுமலேயே சல்லடைக் குழாயை அடைகின்றது. சல்லடைக் குழாயின் காரத்தன்மை (கிட்டத்தட்ட pH 8), பொட்டாசிய அயனி சர்க்கரையுடன் மேலேறும் சாற்றில் அதிக அளவுக்கு இருக்கிறது என்பதை வலியுறுத்துகிறது (ஹூபர் Huber 1956).

மாங்கனீசு (Manganese)

மாங்கனீசு மிகக் குறைவான அளவே தாவரங்களுக்குத் தேவைப்படுகிறது. தாவரத்தினுள் இலைகளில்தான் மாங்கனீசு மிக அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. அங்குதான் இது அதிக அளவுக்கு வாழ்வியல் நிகழ்ச்சிகளில் பங்கு பெறுகிறது. தாவரத் தினுள் இது அதிக அளவுக்கு இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படுவதில்லை. இதன் விளைவாகத் திசுக்களிடையே மாங்கனீசு பங்கீடு செய்யப் படுவது மிகவும் குறைவாகும்.

மாங்கனீசு தாவரத்தில் ஊக்குவித்தல் நிகழ்ச்சிகளில் (Catalytic reactions) பெரும் பங்கு வகிக்கிறது. இது பிரைமரி ஊக்குவியாகவோ, இரண்டாந்தர ஊக்குவியாகவோ (accessory catalyst) செயல்படுகிறது. உதாரணமாக, மேலிக் டிஹைட்ராஜி னேஸ் (Malic dehydrogenase) என்ற என்ஸைம் மாங்கனீசினால் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது. இதே போன்றுதான் ஆக்ஸலோ ஸக்ஸி னிக் டிகார்போக்ஸிலேஸ் (Oxalosuccinic decarboxylase) என்ற என்ஸைமும் மாங்கனீசினால் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது. எனினும் இரண்டாவது என்ஸைமில் மாங்கனீசுக்குப் பதிலாக கோபால்ட் (Cobalt) உபயோகப்படுத்தப்படலாம்.

ஆக்ஸிகரண—குறைத்தல் (Oxidation-reduction) நிகழ்ச்சியில் தான் மாங்கனீசு நேரடியாகப் பங்கு பெறுகிறது என்று தெரி கிறது. எனவே, நைட்ரஜன் வளர்சிதை மாற்றத்திற்கும், சுவாசித் தலுக்கும் மாங்கனீசு அவசியம். இந் நிகழ்ச்சியிலும் டைவேலன்ட் நேர்மின் அயனிகளான (divalent positive ions) மக்னீசியம்,

கோபால்ட், துத்தநாகம், இரும்பு போன்றவை மாங்கனீசுக்குப் பதிலாகச் செயல்படலாம். நைட்ரேட் குறைத்தலில் (Nitrate reduction) செயல்படும் என்சைம்களான நைட்ரேட் ரிடக்டேஸ் (nitrate reductase) ஹைட்ராக்ஸிலமைன் ரிடக்டேஸ் (Hydroxylamine reductase) போன்றவற்றையும் மாங்கனீசு ஊக்குவிக்கிறது. மாங்கனீசு பற்றுக்குறை உள்ள தாவரங்கள் நைட்ரஜன் தேவைக்காக நைட்ரேட்களைவிட அம்மோனியாவை விரும்புவது இக்கருத்தை மேலும் வலியுறுத்துகிறது.

மேற்கூறிய செயல்களைத் தவிர, கோல்டக்ரே (Goldacre 1961) கூற்றுப்படி, இண்டோல்-3-அசிடிக் அமிலத்தை (Indole-3-acetic-acid-IAA) ஆக்ஸிகரணமாக்குவதிலும், அழித்தலிலும் மாங்கனீசு செயல்படுகிறது இதன் பற்றுக்குறையின் ஆரம்ப காலத்தில் ஒரு சில ஆல்காக்களில் ஒளிச்சேர்க்கையின் அளவு குறைக்கப்படுவதிலிருந்து மாங்கனீசு ஒளிச்சேர்க்கைக்கும் அவசியமென்று தெரிகிறது. எய்ஸ்டரும் மற்றவரும் (Eyster etal 1958) குளோரெல்லா (chlorella) என்ற ஆல்காவில் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, மாங்கனீசு பற்றுக்குறை ஏற்படும் பொழுது ஒளியினால் உண்டாகும் குளோரோஃபில் (Chlorophyll) சிதைவு அதிகமாவது தெரியவருகிறது; கடைசியில் பச்சையச்சோகை (Chlorosis) ஏற்படுகிறது. இதே ஆல்காவில் மாங்கனீசு பற்றுக்குறை ஏற்படும் பொழுது ஹில்கிரியையும் (Hill reaction) தடைபடுகிறது.

பச்சையம் முதலில் பாதிக்கப்பட்டு, பின்பு தரச மணிகள் பாதிக்கப்படுகின்றன. அவை மஞ்சள்-பச்சை நிறத்தை அடைந்து கடைசியில் அழிந்து விடுகின்றன.

ஓட்ஸின் சாம்பற் புள்ளி நோய் (Grey speck), பட்டாணியின் சதுப்புப் புள்ளி நோய் (Marsh speck), பீட்ருட்டின் மஞ்சள் புள்ளி நோய் (yellow speck) ஆகியவை பற்றுக்குறையால் தோன்றும் பற்றுக்குறை நோய்கள் (deficieoncy discases) ஆகும்.

கால்சியம் (Calcium)

இலைகளில்தான் பெரும்பாலான கால்சியம் காணப்படுகிறது. அதுவும் முதிர்ந்த இலைகளில்தான் அதிகம் காணப்படுகிறது. தாவர திசுக்களில் பெரும்பாலான கால்சியம், செல் உறைகளில் காணப்படுகிறது. இதில் பெக்டின் பொருள்களுடன் இணைந்து கால்சியம் பெக்டேட்டாக (Calcium pectate) இருக்கிறது. பல தாவரங்களில் கால்சியம் நீரில் கரையாப் படிகங்களாக (Crystals) இலை, தண்டு, வேர், பூ, போன்ற பாகங்களில் காணப்படுகிறது. கால்சியம் ஆக்ஸலேட் (Calcium oxalate), கால்சியம் கார்பனேட் (Calcium carbonate) போன்ற படிகங்கள்தான் மிகவும் அதிகமாகக்

காணப்படுகின்றன. சேம்பு போன்றவற்றில் காணப்படும் ராஃபைட் (raphide) படிகங்களும், ஆலிலைகளில் காணப்படும் ஸிஸ்டோலித்களும் (Cystoliths), பல கம்பாஸிட்டே தாவரங் களிலும், அரளி போன்றவற்றிலும் காணப்படும் சாதாரண படி கங்களும் கால்சியம் கலந்த படிகங்கள் தான். கரையா நிலையிலுள்ள கால்சியத்தைத் தவிர கரையும் நிலையிலும் அது காணப்படு வதுண்டு. உதாரணமாக, பல அங்கக அமிலங்களுடன் சேர்ந்து உப்புகளை இது உண்டாக்குகிறது. பல தாவரங்களின் வாக்வோல் சாற்றில் கால்சிய உப்புக் கரைந்துள்ளதும் குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

கால்சியம் செல் சவ்வுகள் உண்டாவதற்கு மிகவும் முக்கிய மானதாகும். உதாரணமாக, லெஸிதின் (Lecithin) என்ற பொரு ளுடன் கால்சியம் சேர்ந்து உண்டான உப்பு, செல் சவ்வுகளில் இணைகிறது. இப்பொருள் செல்சவ்வின் கொழுப்புப் பகுதி உண்டாவதற்கு மிகவும் முக்கியமாகும். கால்சியம் நுனி ஆக்குத் திசு, பக்க ஆக்குத் திசு ஆகியவற்றின் தொடர்ச்சியான வளர்ச்சிக் கும், செயலுக்கும் மிகவும் தேவை. ஏனெனில் இப் பகுதிகளில் ஏற் படும் செல் பகுப்புகளுக்கு கால்சியம் மிக அவசியம். இரண்டு நுக்லி யஸ்களையும் பிரிக்கும் நடு அடுக்கு (middle lamella) தோன்ற வேண் டும் என்றால் கால்சியம் தேவை; கால்சியம் பெக்டின் பொருள்களு டன் சேர்ந்து இந்த நடு அடுக்கு உண்டாவதற்கு மிகவும் பயன்படு கிறது. நடு அடுக்கு உண்டாக்குவதைத் தவிர, ஒழுங்கான மைட் டோஸிஸ் நடைபெறுவதற்கும் கால்சியம் உறுதுணை என்று தெரி கிறது. கால்சியப் பற்றாக்குறை உள்ள தாவரங்களில் குரோமோ ஸோம்கள் உண்டாக்கப்படுவதற்கும், கதிர்க் கற்றை இழைகள் (spindle fipres) உண்டாக்கப்படுவதற்கும் தடையாக இருப்பது இக் கருத்தை மேலும் வலியுறுத்துகிறது. குரோமோஸோம் விகாரங்கள் (aberrations) கால்சியப் பற்றாக்குறையின் காரணமாக உண்டாகிறது என்று பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் கருதுகிறார்கள்.

நைட்ரஜன் வளர்சிதை மாற்றத்திலும் கால்சியம் பெரும் பங்கு வகிக்கிறது. ஒருசில சிற்றினங்களாலாவது கால்சியம் இல்லாவிடில் நைட்ரேட்களை மண்ணிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ள முடியவில்லை. ஆனால், நைட்ரேட்களுக்குப் பதிலாக யூரியாவைக் கொடுத்தால் இந்த கால்சிய பற்றாக்குறைத் தாவரங்கள் அவற்றை எடுத்துக்கொள்கின்றன. இதிலிருந்து தெரியவருவது என்ன வென்றால் நைட்ரேட் குறைத்தலில் (Nitrate reduction) கால்சியம் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது என்பதுதான்.

பல என்ஸைம்கள் கால்சியத்தினால் ஊக்குவிக்கப்படுகின்றன என்று தெரிய வருகிறது. இவற்றில் முக்கியமானவை பாஸ்போலை பேஸ் (phospholipase), ஆர்ஜினைன் கைனேஸ் (Arginine kinase)

அடினோசைன் டிரைபாஸ்படேஸ் (Adenosine triphosphotase), அடினைல் கைனேஸ் (Adenyl kinase), அபைரேஸ் (apyrase) போன்றவையாகும்.

கால்சியம் அதிக அளவிற்குத் தாவரத்தினுள் இடப்பெயர்ச்சி (relatively immoible) அடைவதில்லை எனத் தெரிய வருகிறது. இதன் காரணமாக முதிர்ந்த இலைகளில் கால்சியம் அதிகமாக இருக்கும் பொழுது அதே தாவரத்தின் இளம் இலைகளில் கால்சியப் பற்றுக்குறை ஏற்படுவதுண்டு. எனினும் கால்சிய இடப்பெயர்ச்சி ஓரளவுக்கு நடைபெறுகிறது என்பதற்கு ஆதாரங்கள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன. பல தாவரங்களில் கால்சியப் பற்றுக்குறை ஏற்படும் பொழுது அவற்றின் செல்களில் உள்ள கால்சியம் ஆக்ஸலேட், கால்சியம் கார்பனேட் படிகங்கள் மறைந்து விடுகின்றன. உதாரணமாக, வேர்க்கடலைத் தாவரத்தின் முதிர்ந்த இலைகளிலிருந்து கால்சியம் ஆக்ஸலேட் படிகங்கள் பற்றுக்குறை ஏற்படும் பொழுது மறைந்து கால்சியமாக இளம் இலைகளை அடைகிறது. இதே போன்று, போடோலெபிஸ் (Podolepis) என்ற காம்பாஸிட்டே (Compositae) தாவரத்தில் சூல்களின் சூலுறை செல்களில் உள்ள கால்சியம் ஆக்ஸலேட் படிகங்கள் எண்டோஸ்பர்ம் உண்டாகும் பொழுது மறைகின்றன என்றும், அவை எண்டோஸ்பர்ம் செல்களின் நடு உறைப் பொருள்களில் சேர்க்கப்படுகின்றன என்றும் டேவிஸ் (Davis 1961) ஆராய்ந்தறிந்துள்ளார்.

கால்சியப் பற்றுக்குறையால் ஏற்படும் குறிகள் முதலில் இளம் இலைகளில்தான் ஏற்படுகின்றன; பொட்டாசியத்தைப் போன்று முதிர்ந்த இலைகளில் அல்ல என்று பஸ்லர் (Bussler 1962) கூறுகிறார் இளம் இலைகளில் காணப்படும் சுருங்கிய திசுக்களும், புள்ளிச் சிதைவுகளும் கால்சியப் பற்றுக்குறையினால் ஏற்படுவதாகும்; தண்டுகள் ஒடிதலும் இதன் விளைவாக ஏற்படலாம்; ஆனால், இந்த ஒடிதல் நுனி ஆக்குத் திசுவிற்கு அருகாமையில் ஏற்படுகிறது. கால்சியப் பற்றுக்குறையினால் ஏற்படும் விளைவுகள் பொதுவாகத் தொடர்ச்சியாக இருக்கும். இளம் இலைகளில் ஏற்படும் சிதைவுகள் மெல்லிய நரம்புகளின் மேல் மெதுவாசப் படருகின்றன. இப் பகுதியைக் குறுக்கு வெட்டில் பார்க்கும் பொழுது நரம்புகளின் டிரக்கீடுகள் எந்த விதத்திலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை; ஆனால், அவற்றைச் சுற்றியுள்ள பாரங்கைமா செல்கள் பாதிக்கப்படுகின்றன. கால்சியப் பற்றுக் குறையினால் உள்ளமைப்பில் ஏற்படும் மற்றக் குறிகள் ஆக்கு திசுக்கள் பாதிக்கப்படுதல், வேர் நுனி குட்டையாக்கப்படுதல், செல் உறை விறைத்துக் கொண்டு, உடைதல் (brittle) போன்றவையாகும்.

புளோரல் (Florell 1957) ஆராய்ச்சிப்படி கோதுமையின் வேர் களின் செல்களில் உள்ள மைட்டோகாண்டிரியாக்களின் எண்ணிக்கை கால்சியப் பற்றுக் குறையினால் குறைக்கப்படுகிறது. பருத்தித் தாவரத்தில் கால்சிய பற்றுக்குறை ஏற்பட்டால் கார்போஹைட்ரேட் அளவு இலையில் அதிகமாக்கப்படுகிறது; தண்டிலும் வேரிலும் குறைக்கப்படுகிறது. இதனால் இத் தாவரங் களில் கார்போஹைட்ரேட் இடப்பெயர்ச்சி கால்சியத்தினால் பாதிக்கப்படுகிறது என்று தெரிகிறது.

துத்தநாகம் (Zinc)

துத்தநாகம் மிகமிகக் குறைந்த அளவில்தான் தாவரங் களுக்குத் தேவைப்படுகிறது. பல என்சைம்களின் ஊக்குவியாக வும் (activator), ஒருசில என்சைம்களின் ஒரு பகுதியாகவும் இது செயற்படுகிறது. உதாரணமாக, கார்பானிக் அன்ஹைட்ரேஸ் (Carbonic anhydrase) என்ற என்சைமின் ஒரு பகுதியாகவும், ஆல்கஹால் டிஹைட்ரோஜினேஸ் (alcohol dehydrogenase), பிரிடைன் நூக்லியோடைட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் (pyridin) nucleotide dehydrogenase) போன்ற என்சைம்களின் ஊக்கியாகவும் இது செயல்படுகிறது. துத்தநாகப் பற்றுக்குறையுடைய தக்காளித் தாவரங்களில் அனங்கக பாஸ்பரஸ் சேர்ந்து கொண்டே வருவதி லிருந்து, பாஸ்பர மாற்று என்சைம்களின் (phosphorus transfering enzymes) [உதாரணமாக, ஹெக்ஸோஸ் கைனேஸ் (hexose kinase), டிரையோஸ் பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் (triose phosphate dehydrogenase)] செயல்களையும் துத்தநாகம் ஊக்குவிக்கலாம் என்று தெரிய வருகிறது. மேலும், இத் தாவரங்களில் கரையும் நைட்ரஜன் பொருள்களான அமினோ அமிலங்களும், அமைட்களும் (amides) சேகரம் அடைவதிலிருந்து புரோட்டீன் உண்டாக்கும் நிகழ்ச்சியிலும் துத்தநாகம் பங்கு கொள்ளலாம் எனத் தெரிய வருகிறது.

துத்தநாகத்தின் முக்கியப் பணிகளில், மற்றொன்று இண்டோல்-3 அசிடிக் அமிலம் (Indole 3-acetic acid) உண்டாக்கு வதில் செயல்படுதல்தான். துத்தநாகப் பற்றுக்குறையுடைய தாவரங்களின் I A Aயின் அளவு மிகவும் குறைகிறது என்று ஸ்கூஜ் (Skoog 1940) முதலில் கண்டறிந்தார். ஆனால், துத்தநாகத்தைச் சேர்த்தால் அத் தாவரங்களில் I A A அளவு அதிகரிக்கிறது. தொடர்ந்து செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, டிரிப்டோ ஃபேன் (Tryptophane) அளவும் துத்தநாகத்தின் அளவைப் பொறுத்தது எனத் தெரியவந்தது. டிரிப்டோஃபேன் I A A உண்டாக்குவதற்கான மூலப் பொருள்களில் ஒன்றாக இருப்பதால் தான் மேற்கூறிய மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. துத்தநாகப்

பற்றுக்குறை கொண்ட நியூரோஸ் போரா (Neurospora) பூஞ்சையில் டிரிப்டோஃபேன் ஸிந்தடேஸ் (Tryptophane synthetasi) என்ற என்ஸைமின் செயல் குறைக்கப்படுகிறது என்பது மேற்கூறிய கருத்தை மேலும் வலியுறுத்துகிறது.

துத்தநாகப் பற்றுக்குறையால் ஏற்படும் முதல் நோய்க்குறி முதிர்ந்த இலைகளின் நரம்பிடை வெளிறல் (interiveinal chlorosis) ஆகும்; இது இலையின் நுனியிலும், விளிம்பிலும் முதலில் ஆரம்பிக்கிறது. வெண்ணிறச் சிதைவுப் புள்ளிகள் (White necrotic spots) இதைத் தொடர்கின்றன. சிறிய இலைகளும், குட்டையான கணு விடைகளும் ஒன்று சேர்ந்து குறைவு வளர்ச்சியைத் (Stunted gorwth) தாவரத்தில் உண்டாக்குகிறது. இலைகள் விகாரமாகக் காட்சியளிக்கின்றன; வேர் நுனியின் அமைப்பு மாற்றப்படுகிறது. பற்றுக்குறையால் ஏற்படும் முக்கிய நோய்கள் பீக்கனின் கொத்திலை நோய் (Rosette of pecon), பல தாவரங்களின் சிற்றிலை நோய் (Little leaf disease), சோளத்தின் வெண் மொட்டு (White bud of maize), ஆரஞ்சு மரத்தின் புள்ளியிலை நோய் (Mottling of oranrge), கோக்கோவின் கொக்கியிலை நோய் (Sickle leaf of cocoa) போன்றவையாகும்.

துந்தநாகத்தின் வேலைகளில் குறிப்பிடத்தக்க ஒன்று சூல், கனி வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தல்தான். உதாரணமாக, ரீட் (Reed 1944) என்பவர் செய்த ஆராய்ச்சியின் விளைவாக, பட்டாணி தாவரத்தில் துத்தநாகப் பற்றுக்குறையால் ஏற்படும் விளைவுகள் தெரிய வருகின்றன. மிக மிகக் குறைவாகத் துத்தநாகம் இருக்கும்பொழுது, சூல்கள் விதைகள் உண்டாக்காமலேயே தாவரம் இறந்து விடுகின்றது. 0·1 பகுதி/ஒரு மில்லியன் பகுதி துத்தநாகத்தில் தாவரம் வளரும்பொழுது கனிகள் சிறிதாகவும், குறைந்த அளவு விதைகள் கொண்டும், சிறிய சுருங்கிய, பசுமையான விதைகள் கொண்டும் காணப்படும். ஒரு சில சூல்களில் சூல் உறைகள் தவிர வேறெதுவும் காணப்படுவதில்லை கம்பைலோடிராபஸ் (Campylotropous) வகை சூல் ஆனஸ்டாராபஸ் Anatropous) வகையாக மாறி விடுவதுண்டு. மகரந்தப்பைகளின் வளர்ச்சி அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

மகரந்தத் தூள்கள் முளைத்தலையும், மகரந்தக் குழாய்களின் நீளத்தையும் துத்தநாக உப்புகளான துத்தநாக ஸல்பேட் போன்றவை பாதிக்கின்றன என்று ராகவன், பருவா போன்றவர் (Raghavans & baruah 1956) செய்த ஆராய்ச்சிகள் மூலம் தெரிய வருகிறது. மகரந்தக் குழாயின் நீளம் சாதாரணமாக இருப்பதை விடக் கிட்டத்தட்ட இரண்டு மடங்கு அதிகம் துத்தநாகம் ஸல்பேட் கொடுத்தால் ஏற்படுகிறது.

போரான் (Boron)

மிகக் குறைவான அளவே தாவரங்களுக்குத் பட்டாலும், தாவரங்களுக்கிடையே தேவையின் அளவு பெரிதும் வேறுபடுகிறது. நல்ல வளர்ச்சிக்குச் சாதாரணமாக I. P. P-mக்கும் குறைவாகவே தக்காளி போன்ற தாவரங்களுக்கு போரான் தேவைப்படுகிறது. ஆனால், சர்க்கரை வள்ளிக்கிழங்கு தாவரத்திற்குக் கிட்டத்தட்ட 10—15 P. P. m. வரை தேவைப்படு கிறது.

தாவரத்தில் போரானின் பணிகள் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. கார்போஹைட்ரேட்கள், அம்மோனியம் கூட்டுப் பொருள்கள், மற்றும் கரைசல் நிலையில் உள்ள நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்கள் போரான் பற்றுக்குறை உள்ள தாவரங்களில் காணப்படுவது, இது புரோட்டீன் உண்டாக்குவதில் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது என்பதைக் குறிக்கிறது. இதையே ஆக்குத் திசு செல்கள் போரான் பற்றுக்குறையால் இறப்பதும் குறிக்கிறது.

கால்சியம், பொட்டாசியம் வளர்சிதை மாற்றத்திற்கும், போரானுக்கும் நெருங்கிய தொடர்பு இருப்பது போன்று தோன்றுகிறது.

போரானின் முக்கியப் பணிகளில் ஒன்று கார்போஹைட்ரேட் கடத்தலில் முக்கியப் பங்கு வகிப்பதுதான். இரண்டு முறைகளில் இது நடைபெறலாம் என்று ஊகிக்கப்படுகிறது. (i) சர்க்கரை போரானுடன் சேர்ந்த கூட்டுப் பொருளாக இருக்கும்பொழுது, எளிதாக செல் சவ்வுகளைக் கடக்கமுடிகிறது. (ii) போரான் அயனி செல்லுறையிலேயே காணப்பட்டு, அங்கு சர்க்கரையுடன் சேர்ந்து கூட்டுப் பொருளாக மாறிக் கடத்தலில் செயற்படலாம்.

மகரந்தத் தூள்கள் முளைத்தலில் போரான் வகிக்கும் பங்கு குறிப்பிடத்தக்கது. இதனைப் பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் கண்டறிந் துள்ளார்கள். உதாரணமாக, ராகவனும், பருவாவும் (Raghavan & Baruah 1956) செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக பாக்குத் தாவரத்தின் மகரந்தத் தூள்களை போரான் கரைசலில் வளர்க்கும் பொழுது, கிட்டத்தட்ட நான்கு மடங்கு அளவு நீளம் (சாதாரண நீளத்தைவிட) உள்ள மகரந்தக குழாய்கள் தோன்றுகின்றன. இதன் நீளம் கிட்டத்தட்ட 2900 $m\mu$ வரை இருக்கலாம்.

போரான் பற்றுக்குறையின் சாதாரண குறிகள் தண்டு, வேர் நுனிகள் இறத்தலும், பூக்கள் விழுந்து விடுவதுமாகும். பீட்கிழங்கின் மைய அழுகல் நோயும் (Heart rot of beet), உருளையின் இலைச் சுருளல் (Leaf roll of potato) நோயும், டர்னிப் பின் மையப்பழுப்பு நோயும் (Brown heart of turnip) போன்ற

வாழ்வியல் நோய்கள் (Physiological diseases) போரான் பற்றுக் குறையால் ஏற்படுவதுதான்.

போரான் பற்றுக்குறைக்கும், சர்க்கரை பற்றுக்குறைக்கும் தாவரத்தினுள் நெருங்கிய தொடர்பு இருப்பதாகத் தெரிய வருகிறது. கௌச்சும், டக்கரும் (Gauch & Duggar 1953, 1954) செய்த ஆராய்ச்சியின்படி, போரான் பற்றுக்குறைக் குறிகள் உண்மையில் சர்க்கரையின் பற்றுக்குறைக் குறிகள்தான் என்று தெரியவருகிறது. மேற்கூறிய கருத்தை C^{14} உபயோகித்து செய்த ஆராய்ச்சிகள் வலியுறுத்துகின்றன. சர்க்கரை உள்ளெடுப்பும் (Sugar uptake), கடத்தப்படுதலும் தாவரத்தினுள் போரான் பற்றுக்குறையால் தடைபடுகின்றன.

இரும்பு (Iron)

மண்ணில் இரும்பு பற்றுக்குறை இருப்பதற்குக் காரணம் அது கரையாத நிலையில் இருப்பதுதான். ஏனெனில் தாவரங்கள் கரைசல் நிலையிலுள்ள இரும்பைத்தான் எடுத்துக்கொள்ள முடியும். அமில மண்ணில் (Acid soils) காரமண்ணை விட (alkali soil) இரும்பு அதிக அளவுக்குக் கரைசல் நிலையில் இருக்கும்.

பச்சையம் உண்டாவதற்கு இரும்பு மிகவும் அவசியமாகும். எனவே, இரும்புப் பற்றுக் குறையால் குறிப்பிடத்தக்க இலை வெளிறல் (Chlorosis) உண்டாகும். எனினும், பச்சைய மூலக்கூறு அமைப்பில் இரும்பு பங்கு பெறுவதில்லை. இலை வெளிறலைத் தாவரத்தில் இரும்பு இருக்கும் அளவைவிட அது எந்த வடிவில் இருக்கிறது என்பதுதான் அதிக அளவிற்கு நிர்ணயம் செய்கிறது. உதாரணமாக, இரும்பு மிக அதிகமாக இருக்கும் இலைகூட இலை வெளிறலைக் கொண்டிருக்கலாம். ஏனெனில் இருக்கும் இரும்பு தாவரத்திற்குக் கிடைக்கும் நிலையில் (கரைசல்) இருப்பதில்லை.

தாவர வேர்களால் பெர்ரிக் அயனியாக (Ferric ions) உறிஞ்சப்பட்டாலும், இரும்பு தாவரத்தினுள் பெர்ரஸ் அயனியாக (Ferrousions) மாற்றப்பட்டே வாழ்வியல் நிகழ்ச்சிகளில் பங்கேற்கிறது. இதன் காரணமாக, உறிஞ்சப்பட்ட உடனேயே பெர்ரிக் அயனி பெர்ரஸ் அயனியாகக் குறைக்கப்படுகிறது. எவ்வளவு சீக்கிரம் இந்தக் குறைத்தல் நடைபெற முடியும் என்பதைத் தாவரத்தினுள் இருக்கும் மாங்கனீசு அயனியின் அளவு நிர்ணயம் செய்கிறது.

சுவாசித்தல் நிகழ்ச்சியில் பங்குபெறும் ஒருசில என்ஸைம்களும், கடத்திகளும் (Carriers) இரும்பு கலந்த கூட்டுப் பொருள்களாகும். உதாரணமாக, கேட்டலேஸ் (Catalase), பெராக்ஸிடேஸ் (Peroxidase) ஸைட்டோகுரோம் ஆக்ஸிடேஸ் (Cyto-chrome oxidase)

போன்றவை இரும்பு கலந்த என்ஸைம்களாகும். ஸைட்டோ குரோம் (Cytochrome), பெர்ரடாக்ஸின் (Ferradoxin) போன்றவை இரும்பு கொண்ட கடத்திகளாகும்.

தாவரத் திசுவில் தனியாகக் காணப்படும் இரும்பின் விழுக்காடு மிகக் குறைவே. பெரும்பாலானவை அங்ககக் கூட்டுப் பொருள்களில் அடங்கியுள்ளன. தாவரத்தில் காணப்படும் இடம் பெயரா (Immovable) மூலகங்களில் இரும்புதான் முதலிடத்தை வகிக்கிறது. திசுக்களிடையே இரும்புப் பங்கீடு மிகக் குறைந்த அளவில்தான் நடைபெறுகிறது.

பசுங்கணிகம் உண்டாக்குவதில் இரும்பு வகிக்கும் பங்கு இரண்டாக இருக்கிறது. ஒன்று பசுங்கணிக புரோட்டீனைத் தோற்றுவிப்பதில் இரும்பு பங்கேற்கிறது. இரண்டாவதாக, பச்சையம் உண்டாக்கப்படும் நிகழ்ச்சியில், போர்ஃபைரின்கள் (Porphyrins) நிலையில் இரும்பு தன் பங்கை ஏற்கிறது.

இரும்புப் பற்றுக் குறையால் ஏற்படும் குறிப்பிடத்தக்க குறி இலை வெளிறல்தான். பொதுவாக இளம் இலைகள்தான் அதிகம் பாதிக்கப்படுகின்றன; முதிர்ந்த இலைகள் பற்றுக்குறை இருக்கும் பொழுது கூட வெளிறலைக் கொண்டிராமல் இருக்கலாம். உண்டாகும் இலை வெளிறல் நரம்புகளுக்கிடையில்தான் காணப் படுவதால், இலையில் நரம்புகள் பசுமையாகவும், அவற்றிற்கிடைப் பட்ட பகுதிகள் வெண்மையாகவும் வெளிறியும் காணப்படு கின்றன. இளம் இலைகளின் முழு இலை வெளிறல் மிகவும் அரிது. எனினும் மிகச் சிறிய நரம்புகள் கூட மிகமிக அதிக பற்றுக்குறை ஏற்படும்பொழுது வெளிறி விடுகின்றன.

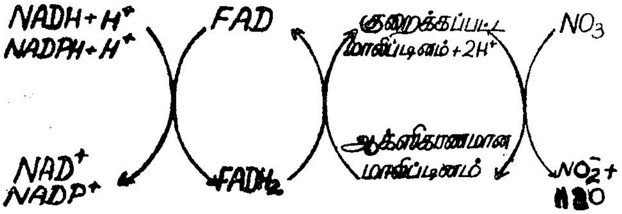
இரும்புப் பற்றுக்குறை அளவிற்கும், பச்சையத்தின் அளவுக் கும் இடையே தொடர்பு இருப்பதாக ஒருசிலரும் இல்லை என்று ஒருசிலரும் கருதுகின்றனர்.

மாலிப்டினம் (Molybdenum)

எல்லாக் கனிமப் பொருள்களை விடக் மிக குறைந்த அளவுக்குத் தாவரத்திற்குத் தேவைப்படுவது மாலிப்டினம் தான் என்று நம்பப்படுகிறது. 100,000,000 பகுதியில் ஒரு பகுதி மாலிப்டினம் இருந்தால் தாவரத்திற்குப் போதுமானது. பொதுவாக மாலிப்டின அயனியாகத்தான் தாவரத்திற்குக் கொடுக்கப்படுகிறது.

மாலிப்டினத்தின் முக்கியமான வேலை நைட்ரஜன் வளர்சிதை மாற்றத்தில் பெரும் பங்கு வகிப்பதுதான்; அதிலும் நைட்ரஜன் நிலைப்படுத்துதலிலும் (nitrogen fixation), நைட்ரேட் குறைக்கப் படுதலிலும் (nitrati reduction) முக்கிய பங்கேற்றலாகும்.

நைட்ரேட் ரிடக்டேஸ் (nitrati reductase) என்ற என்ஸைமில் குறைக்கப்பட்ட பிரிடைன் நூக்லியோடைடும் (NA DPH அல்லது NADH), பிளேவின் அடினைன்டை நூக்லியோடைடும் (FAD), மாலிப்டினமும் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் முதலில் கூறப் பட்ட பொருள் எலக்ட்ரான் கொடுத்துதவும் பொருளாகவும் (donor), இரண்டாவது பொருள் பிராஸ்தடிக் தொகுதியாகவும் (Prosthetic group) மாலிப்டினம் ஊக்குவியாகவும் செயல்படு கின்றன. எலக்ட்ரான்கள் NADPH லிருந்து FADக்கு மாற்றப் பட்டு அது $FADH_2$ ஆகமாறும். $FADH_2$ லிருந்து எலக்ட்ரான்கள் மாலிப்டினத்திற்கு மாற்றப்பட்டு மாலிப்டினம் குறைக்கப்படு கிறது. மாலிப்டினத்தில் இருந்து எலக்ட்ரான்கள் நைட்ரேட்டுக்கு மாற்றப்பட்டு அதனை நைட்ரைட்டாக (nitrite) மாற்றுகிறது. இதனைப் பின்வருமாறு கூறலாம்.



நைட்ரஜன் நிலைப்படுத்துதலில் (மாலிப்டினம் வகிக்கும் பங்கு பற்றி நிறைய ஆராய்ச்சிகள் இருக்கின்றன. வில்சன் (1958) என்பவர் கூற்றுப்படி நைட்ரஜன் நிலைப் படுத்தும் உயிரிகள் எல்லாவற்றிலும் மாலிப்டினத்தின் தேவை நிர்ணயம் செய்யப்பட்டிருக்கிறது. எனினும் இது எவ்வாறு இந்நிகழ்ச்சியில் பங்கேற்கிறது என்பது இன்னும் தெளிவாக்கப்படவில்லை. அஸடோபாக்டர் வைன்லாண்டியை (Azotobacter Vinelandi) என்ற பாக்டீரியத்திற்கு நைட்ரஜன் நிலைப்படுத்துவதற்குத் தேவையான அளவு மாலிப்டினம் அட்டவணை 8-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை-8

சோதனை எண்	நைட்ரஜன் உபயோகித்தால்		அம்மோனியா உபயோகித்தால்	
	மாலிப்டினம் சேர்க்கப் பட்டால்	மாலிப்டினம் சேர்க்கப் படாவிட் டால்	மாலிப்டினம் சேர்க்கப் பட்டால்	மாலிப்டினம் சேர்க்கப் படாவிட் டால்
I	205	50	201	200
II	212	58	279	301

மேற்கூறிய அட்டவணையில் ஒவ்வொரு மில்லி மீட்டருக்கும் எவ்வளவு μ கிராம் நைட்ரஜன் நிலைப்படுத்தப்படுகிறது என்பதைக் குறிக்கிறது.

மாலிப்டின பற்றுக்குறை பல தாவரங்களில் அஸ்கார்பிக் அமில (ascorbic acid) அளவில் குறைவினை ஏற்படுத்துகிறது. மாலிப்டினத்தை தாவரத்திற்கு மீண்டும் கொடுத்தால் அஸ்கார்பிக் அமில அளவு மீண்டும் அதிகமாகிறது. பசுங் கணிகங்கள் பாதுகாக்கப்படுவதை அஸ்கார்பிக் அமிலம் பாதிப்ப தால், மாலிப்டின பற்றுக்குறை பசுங்கணிக அழிவை விரைவு படுத்துகிறது. பாஸ்பரஸ் வளர்சிதை மாற்றத்திலும் மாலிப்டினம் பெரும்பங்கு வகிப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. எனினும் இது எவ்வாறு என்று தெளிவாகத் தெரியவில்லை. மகரந்தக் குழாய் வளர்ச்சி யையும் மாலிப்டினம் ஓரளவுக்குக் கட்டுப்படுத்தலாம் என்று தெரியவருகிறது.

மாலிப்டின பற்றுக் குறையால் நரம்பிடை வெளிறல் தாவரத்தின் அடி இலைகளில் காணப்படுகிறது; இதனைத் தொடர்ந்து விளிம்பு அழிவு ஏற்பட்டு இலை சுருண்டு கொள் கிறது. பற்றுக் குறை தொடர்ந்து நீடித்தால் மேற்கூறிய நிகழ்ச்சிகள் தீவிரமாக்கப்படுகின்றன. பற்றுக்குறையால் பூக்கள் உண்டாவதில்லை; உண்டானாலும் கனி உண்டாகுமுன் விழுந்து விடுகின்றன. காலிஃபிளவர் (Cauliflower) போன்ற தாவரங்களில் ''விப்டெயில்'' (whiptail) என்ற நோய் மாலிப்டின பற்றுக் குறையால் ஏற்படுகிறது.

கந்தகம் (Sulphur)

தாவரங்களின் திசுக்களிலும், உறுப்புகளிலும் கந்தகம் பொதுவாக நன்றாகப் பரவிக் காணப்படுகிறது. ஸிஸ்டின் (Cystine), ஸிஸ்டைன் (Cystein), மெதியோனைன் (methionine) போன்ற அமினோ அமிலங்களை உண்டாக்கும் பொருள்களில் கந்தகமும் ஒன்று. புரோட்டீன்களை உண்டாக்கும் அமினோ அமிலங்களில் இந்த மூன்றும் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. இவற்றைத் தவிர பையோடின் (biotin), தயமின் (thiamine) போன்ற ஹார்மோன்களிலும் கந்தகம் காணப்படு கிறது. ஸினிகிரின் (Sinigrin) என்ற கிளைக்கோஸைடில் (Glycoside) கந்தகம் அமைப்புப் பொருளாக (Structual Component) செயல் படுகிறது. இப்பொருள் கடுகு, வெங்காயம், பூண்டு போன்ற வற்றின் மணத்திற்குக் காரணமாகும்.

கந்தகம் பொதுவாக வேர்கள் மூலம் SO_4- அயனிகளாக உறிஞ்சப்படுகிறது. எனினும் இலைகளின் வாயிலாக உறிஞ்சப்படும் SO_2வும் தாவரத்திற்குக் கந்தகத்தைக் கொடுக்கிறது. ஆக்ஸிகரண மாக்கப்பட்ட பொருள்களாகக் கந்தகம் தாவரத்தினுள் நுழைந்தாலும், விரைவில் அவை (—SH) தொகுதியாக மாற்றப்படுகின்றன. ஏனெனில் இந்நிலையில்தான் கந்தகம் அமினோ அமிலங்களிலும், ஹார்மோன்களிலும், ஸினிக்ரினிலும் காணப்படுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சியில் 3'-பாஸ்போ அடினோஸைன்—5'—பாஸ்போசல்பேட்டும் (PAPS), ATP-யும் இடம் பெறுகின்றன. PAPS இரண்டு நிலைகளில் உண்டாக்கப்படுகிறது. (i) ATP, சல்பேட்டை ஊக்குவித்து அடினோஸைன்-5'- பாஸ்போசல்பேட் (APS) உண்டாதல், (ii) APS, PAPS, ஆக மாற்றப்படுதல் :

$$SO_4^{2-} + ATP \xrightarrow[Mg^{2+}\ ?]{\text{சல்பூரிலேஸ்}} APS + P\text{-}p$$

$$APS + ATP \xrightarrow[Mg^{2+}]{\text{கைனேஸ்}} PAPS + ADP$$

மீண்டும் அமினோ அமிலங்களிலிருந்து அனங்கக கந்தக அயனி தோன்றி மற்ற அங்கக அமிலங்களாக மாற்றப்படலாம். இதன் விளைவாக இலையிலிருந்து கந்தகம் முதிர்ச்சியடையும் கனிகளுக்கும் விதைகளுக்கும் அனுப்பப்படுகிறது.

கந்தகப்பற்றுக் குறையால் செல்களில் அதிக அளவிற்கு நைட்ரஜ பொருள்களும், அமினோ அமிலங்களும் தேக்கமடைகின்றன. இதற்குக் காரணம் புரோட்டீன் உண்டாதல் தடைபடுதல்தான். பற்றுக்குறையால் இலை வெளிறலும், ஒரு சிலவற்றில் ஆந்தோசயனின் (anthocyenin) பொருள்கள் தோன்றலும் ஏற்படுகின்றன. இலை வெளிறல் இளம் இலைகளில் முதலில் ஏற்படுகிறது.

தாமிரம் (copper)

இது தாவரத்திற்கு மிகக்குறைந்த அளவில்தான் தேவை. ஆக்ஸிகரண—குறைத்தல் (Oxidising-reducing) என்ஸைம்களில் இது ஒரு பகுதியாக இருப்பதால் அந்நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுவதற்குத் தாமிரம் மிகத்தேவையாகும். உதாரணமாக தைரோஸினேஸ் (Tyrosinase) அஸ்கார்பிக் அமில ஆக்ஸிடேஸ் (ascorbic acid oxidase), ஃபீனோலேஸ் (phenolase), லாக்கேஸ் (laccase), பாலிஃபீனல் ஆக்ஸிடேஸ் (polyphenol oxidase) போன்ற

வற்றில் தாமிரம் ஒரு பகுதியாக இருக்கிறது. வேறு எந்த வாழ்வியல் நிகழ்ச்சியிலும் தாமிரம் பங்கு வகிப்பதாகத் தெரியவில்லை. எனினும் நீஷ் (Neish 1939), கிரீனும் மற்றவரும் (Green etal 1939) செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக இது ஒளிச்சேர்க்கையில் ஏதாவது பங்கு வகிக்கலாம் எனத்தெரியவருகிறது. குளோவர் (Clover) தாவரத்தின் பெரும்பாலான தாமிரம் இலைகளில் காணப்படுவதும் (அதுவும் பசுங்கணிகத்தில்), குளோரெல்லா (chlorella) வளர்க்கப்படும் தளத்தில் (Culture medium) தாமிரம் தவிர்க்கப்படும் பொழுது ஒளிச்சேர்க்கையின் அளவு குறைக்கப்படுவதும், மேற்கூறிய கருத்தை வலியுறுத்துகின்றன.

தாமிரப் பற்றுக்குறை ஏற்படும் பொழுது இலை நரம்பிடைப் பகுதிகள் பச்சையச் சோகையால் பாதிக்கப்படுகின்றன. தக்காளிச் செடியின் வாடல் நோயும் (wilt of tomato), தானியங்களின் வெண்நுனி நோயும் (white tip of cereals), நிலமீட்சி நோயும் (reclamation disease), ஆரஞ்சு வகைகளின் ''நுனி இறப்பு'' நோயும் (die back of oranges) தாமிரப் பற்றுக்குறையால் ஏற்படும் நோய்களுக்கு ஒரு சில உதாரணங்களாகும்.

மக்னீசியம் (Magnesium)

பச்சயத்தில் அடங்கியிருக்கும் கனிம மூலம் மக்னீசியம் ஒன்று தான். எனவே ஒரு தாவரத்தின் பெருமபாலான மக்னீசியம் பசுமையான உறுப்புகளில்தான் காணப்படுகிறது. விதைகளிலும் இது அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. தாவரத்தினுள் மக்னீசியம் எளிதாக ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது.

மக்னீசியத்தின் மிக முக்கிய வேலை பாஸ்பேட் வளர்சிதை மாற்றத்தில் பெரும்பங்கு வகிப்பதுதான்; இதன் மூலமாகச் சுவாசித்தலை மறைமுகமாக மக்னீசியம் பாதிக்கிறது.

கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றத்தில் செயல்படும் என்ஸைம்கள் பலவற்றிற்கு மக்னீசியம் ஊக்கியாகப் பயன்படுகிறது. பொதுவாக, இந் நிகழ்ச்சிகளில் ATPயும் பங்கு பெறுகிறது (அட்டவணை 9). DNA RNA உண்டாக்கப்படும் நிகழ்ச்சிகளில் பங்குபெறும் என்ஸைம்களையும் மக்னீசியம் ஊக்குவிக்கிறது. மேற்கூறிய நிகழ்ச்சிகள் இரண்டிலும் பாஸ்பேட் மாற்றல் (Phosphate transfer) காணப்படுகிறது. இம்மாற்றலில் மக்னீசியம் இடைப்பட்ட கடத்தியாக (Intermediate carrier) செயல்படுவதாக நம்பப்படுகிறது.

ஸோவும் மற்றவரும் (Tlso *etel* 1957) செய்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, மக்னீசியத்தின் மற்றொரு வேலையும் தெளிவாகிறது. புரோட்டீன் உண்டாக்குவதில் மக்னீசியம் செயல்படுகிறது என்பதுதான் அது. புரோட்டீன் சேர்க்கையில் (Protein synthesis) இரண்டு முறைகளில் மக்னீசியம் செயல்படலாம். (i) நூக்லிபஸ் அமிலங்களை உண்டாக்கும் நிகழ்ச்சிகளில் செயல்படும் என்ஸைம் களை ஊக்குவிக்கிறது. (ii) புரதம் உண்டாக்கப்படும் மைக்ரோ ஸோம்களில் (Microsomes) ஓர் இணைப்புப் பொருளாகச் (boding agent) செயல்படுகிறது.

அட்டவணை-9

மக்னீசியம் செயல்படும் சில என்ஸைம்களும் அவை பாதிக்கும் செயல்களும்

என்ஸைம்	கிரியைச் செயல்
1. குளுக்கோகைனேஸ் (Glucokinase)	குளுக்கோஸ் + A T P ⟶ குளுக்கோஸ் — 6 — P.
2. ஃபிரக்டோகைனேஸ் (Fructokinase)	ஃபிரக்டோஸ் + AT P ⟶ ஃபிரக்டோஸ் — 1 — P.
3. காலக்டோகைனேஸ் (Galactokinase)	காலக்டோஸ் + ATP ⟶ காலக்டோஸ் — 1 — P.
4. ஹெக்ஸோகைனேஸ் (Hexokinase)	ஹெக்ஸோஸ் + ATP ⟶ ஹெக்ஸோஸ் — 6 — P.
5. டிரையோஸ்கைனேஸ் (Triose kinase)	கிளிஸராலடிஹைட் + ATP ⟶ (Glyceraldehyde) பாஸ்ஃபா கிளிஸரால் டிஹைடு (phosphoglyceraldehyde)
6. குளுக்கானோ லாக்டோனேஸ் (Gluconolactonase)	6-பாஸ்ஃபா குளுக்கானோ லாக்டோன் ⟶ 6-பாஸ்போ குளுக்கோனேட்
7. 6-பாஸ்ஃபா குளுக்கோனிக் டிஹைடரோஜினேஸ்	6-பாஸ்ஃபா குளுக்கோனேட் ⟶ ரைபுலோஸ் — 5 — P (Ribulose — 5 - P).
8. பாஸ்போபெண்டோ-கைனேஸ் (Phosphopento-kinase)	ரைபுலோஸ் — 5 — P + ATP ⟶ ரைபுலோஸ் 1, 5 diP.
9. ஈனோலேஸ் (Cnolase)	2-பாஸ்போகிளிஸரேட் + ATP ⟶ பாஸ்போ ஈனோல் பைருவேட் (Phosphoenol pyruvate)
10. பைருவிக்கைனேஸ் (Pyruvickinase)	பாஸ்ஃபா ஈனோல பைருவேட + ADP ⟶ பைருவேட்
11. கார்பாக்ஸிலேஸ் (Carboxylase)	பைருவேட் ⟶ அஸிடால் டிஹைடு (acetalhyde)
12. பாஸ்போகிளிஸரிக் கைனேஸ்	1, 3-டைபாஸ்ஃபா கிளிஸரேட் + ADP ⟶ 3 — பாஸ்போ கிளிஸரேட்

மக்னீசிய பற்றாக்குறையால் ஏற்படும் முக்கிய நோய் அறிகுறிகள் இலை வெளிறல், இலைச் சோகை, பசுமைநிறம் மற்ற நிறங்களால் மாற்றப்படுதல் போன்றவைதான். இலை வெளிறல் பொதுவாக நரம்புகளின் இடையில் ஏற்படும். மஞ்சள் நிறம் முதலில் அடி இலைகளில் ஏற்பட்டு, மேல் நோக்கி மெதுவாகப் பரவும். இலை வெளிறலைத் தொடர்ந்து இலைகளில் ஆந்தோசயனன் நிறப் பொருள்கள் (anthocyanin pigments) உண்டாக்கப்படுகின்றன.

மக்னீசியப் பற்றாக்குறையுடைய தக்காளித் தாவரங்களில், உள் புளோயம் (Internal phloem) சரியாக வளர்ச்சியடைவதில்லை.

அலுமினியம் (Aluminium)

அலுமினியம் பெரும்பாலும் மண்ணில் கரையாத நிலையில் காணப்படுகிறது. எனினும் கரைசல் நிலையில் உள்ள அலுமினியம் தான் தாவரத்திற்குப் பயன்படும். அமில மண்ணில்தான் (p H — 5க்கும் குறைவாக) கரைந்துள்ள அலுமினியத்தின் அளவு அதிகமாக இருக்கும்.

தாவரத்தினுள் அலுமினியத்தின் அளவு மாறுபடும்; ஒரு சில தாவரங்களில் அதிக அளவிலும், மற்றவற்றில் குறைந்த அளவிலும் காணப்படுகிறது. அலுமினியத்தின் பங்கு தாவரத்தினுள் என்ன என்று தெரியவில்லை.

ஹைட்ராஞ்ஜியா (Hydrangea) செடியின் பூவின் நிறம் பூவில் உள்ள அலுமினியத்தின் அளவைப் பொறுத்தது எனத் தெரியவருகிறது. நீல நிறப் பூக்கள் அதிக அளவு அலுமினியத்தையும், இளஞ்சிவப்பு நிறப் பூக்களைக் கொண்ட தாவரங்கள் குறைந்த அளவு அலுமினியத்தையும் கொண்டிருக்கின்றன. இளஞ்சிவப்பு நிறப் பூக்களைக் கொண்ட தாவரத்தின் மண்ணில் அலுமினியத்தைச் சேர்த்தால் பூக்கள் நீல நிறத்தை அடைகின்றன.

செலினியம் (Selenium)

கால் நடைகளின் "காரவியாதி" (alkali disease) அதிக அளவு செலினியத்தினால்தான் எனத் தெளிவாகத் தெரிகிறது. செலினியம் அதிக அளவு உள்ள தாவரங்களைக் கால்நடைகள் உண்ணும்பொழுது மேற்கூறிய நோய் உண்டாகிறது. அஸ்ட்ராகாலஸ் (Astragalus) போன்ற தாவரங்கள் அதிக அளவுக்கு செலினியத்தை சேமிக்கின்றன. ஏன் இதைப் போன்ற தாவரங்கள் செலினியத்தை அதிக அளவுக்குச் சேமிக்கின்றன என்று தெரியவில்லை.

குளோரின் (Chlorine)

பெரும்பாலான தாவரங்களில் குளோரின் காணப்படுகிறது. பொதுவாக, கரையும் அனங்கக குளோரின் கொண்ட உப்பு களாகக் காணப்படுகிறது. தாவரங்களுக்கேற்ப குளோரின் தேவை மாறுபாடுகிறது என்பது ஆராய்ச்சிகள் மூலம் தெரிய வருகிறது. ஒருசில தாவரங்களில் குளோரின் அதிகத்தினுல் வளர்ச்சி அதிகமாகும்; ஒரு சிலவற்றில் அதிகமாக்கினுல் வளர்ச்சி தடைபடுகிறது. ஒளிச் சேர்க்கையில் குளோரின் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது என்று தெரியவருகிறது. இருப்பினும் குளோரினின் செயல் தெளிவாகத் தெரியவில்லை.

சிலிக்கான் (Silicon)

ஒருசில தாவரங்களின் சாம்பலில் (ash) சிலிக்கான் பெரும் பங்கு காணப்படுகிறது. உதாரணமாக, புற்கள், சிப்பரேஸி, (Cyperaceae) குடும்பத் தாவரங்கள், ஈக்குவிஸிட்டம் (Equisetum) போன்றவற்றில் சிலிக்கான் அதிக அளவு காணப்படுகிறது.

சிலிக்கான் தாவர வளர்ச்சிக்குத் தேவையா இல்லையா என்பது பற்றித் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. எந்தெந்தத் தாவரங் களில் சிலிக்கான் அதிக அளவில் காணப்படுகிறதோ, அதே தாவரங்களை சிலிக்கான் அற்ற வளர்ப்புத் தளத்தில் வளர்க்கும் பொழுது அவை நன்ருக வளர்கின்றன என்றும் அதனுல் சிலிக்கான் தாவர வளர்ச்சிக்கு அவசியமில்லை என்று ஒருசிலர் கருதுகின்றனர்; எனினும் சூரியகாந்தி, பார்லி போன்ற தாவரங் களுக்கு சிலிக்கான் தேவை ஓரளவுக்காவது இருக்கவேண்டும் என்று வேறு சிலர் கருதுகின்றனர்.

டயடம்களின் (Diatoms) வளர்ச்சிக்கு சிலிக்கான் மிக மிகத் தேவை.

வனேடியம் (Vanadium)

உயர்நிலைத் தாவரங்களுக்கு வனேடியம் தேவையா இல்லையா என்பது பற்றி ஒன்றும் தெரியவில்லை எனினும் ஒருசில ஆல்காக் களின் வளர்ச்சிக்காவது அது தேவை என்று தெரியவருகிறது.

கோபால்ட் (Cobalt)

கோபால்டின் தெளிவான செயல் எது என்று தெரியா விடினும், அதன் பற்றுக்குறை ஒருசில குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங் களைத் தாவர வளர்சிதை மாற்றத்திலும் வளர்ச்சியிலும் ஏற்படுத்துகிறது. ஒரு சில என்ஸைம்களை கோபால்ட் அயனிகள் ஊக்குவிக்கின்றன என்று தெரிய வருகிறது. உதாரணமாக

கார்போஸைலேஸ்கள் (Carboxylases) பெப்டிடேஸ்கள் (Peptidases) போன்றவற்றைக் கூறலாம். விட்டமின் B_{12}-ல் கோபால்ட் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது.

சோடியம் (Sodium)

தாவர வளர்சிதை மாற்றத்திற்குச் சோடியத்தின் முக்கிய பங்கு என்ன என்று தெளிவாகத் தெரியாவிட்டாலும், தாவர சாம்பலில் இது காணப்படுவதால் ஏதாவது ஒரு விதத்தில் இது தாவரத்திற்கு அவசியமாக இருக்கவேண்டும் என்று கூறப்படுகிறது. செல்களின் ஆஸ்மாடிக் நிலையைச் சோடியம் பாதிக்கலாம் என்று தெரிகிறது.

கலைச் சொல் அகராதி

A

Absorption — உறிஞ்சுதல்
Active absorption — உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல்
Active process — உயிர்ப்பு நிகழ்ச்சி
Active uptake — உயிர்ப்புக் கடத்தல்
Adhesion — பரப்பு ஒட்டல்
Adsorbed films — பரப்பு ஒட்டிய படலங்கள்
Aeration — காற்றோட்டம்
Affinity — கவர்ச்சி
Agar — அகார்
Aggregation — ஒன்றுசேர்தல்
Air embolism — காற்றடைப்பு
Alkaline soil — காரத்தன்மையுடைய மண்
Alkaloids — அல்கலாய்டுகள்
Amorphous matrix — அமைப்பற்ற தளம்
Ampelopsis tricuspidate — ஆம்பிலோப்ஸிஸ் டிரைகஸ்பிடேட்
Analogous — தொடர்புடைய
Anthoeyanin — ஆந்தோசயனின்
Ascent of sap — சாறேற்றம்
Astragalus — அஸ்ட்ரகாலஸ்
Atmosphere — அட்மாஸ்ஃபியர்
Atmospheric humidity — வானிலை ஈரப்பதம்
Atrazine — அட்ரஜைன்
Autoradiography — ஆட்டோரேடியோகிராபி
Autumn — கூதிர்க்காலம்

B

Bare soil — வெற்று நிலம்
Basis — அடிப்படை

Beech — பீச்மரம்
Beggiotoa — பெக்கியோட்டாவா
Bimolecular layer — இருமூலக்கூறு அடுக்கு
Biological systems — உயிரியல் தொகுதிகள்
Birch — பிர்ச்
Birefringence — பைரெப்ரின் ஜென்ஸ்
Bleeding — நீர் இழப்பு
Boiling point — கொதிநிலை
Bombardment — வேகமாக ஒன்றுக் கொன்று இடித்துக் கொள்வது
Bordered pit — வரையுற்ற குழி
Brachy blasts — பிராக்கி பிளாஸ்ட்கள்
Brownian movement — பிரௌனியன் நகர்ச்சி
Bulbous geophytes — குமிழ் ஜியோஃபைட்டுகள்
Butanol — பியூட்டனால்

C

Cactaceae — காக்டேசி
Camotes — கமோடெஸ்
Capillarity — தந்துகிக் கவர்ச்சி
Casparian Strip — காஸ்பேரியன் தடிப்பு
Casuarina — சவுக்கு
Ceiba parvifolia — சைபா பார்விஃபோலியா
Cell — செல்
Cell elongation — செல்நீட்சி
Cellophane — செல்லோபேன்
Cellotape — செல்லோடேப்
Cellulose microfibrils — செல்லுலோஸ் மைக்ரோஃபை பிரில்கள்
Cell wall — செல்லுறை
Chara — கேரா
Chemical inhibitors — வேதியியல் அடக்கிகள்
Chemical membrane — வேதியியல் சவ்வு
Chlorogenic acid — குளோரோஜீனிக் அமிலம்
Circumference — பரிதி
Clay — களிமண்
Coagulation — உறைதல் அல்லது ஒருசேர இணைதல்
Coalgas — நிலக்கரி வாய்வு

Coarse sand — பெருமணல்
Coccaine — கோக்கைன்
Cohesion — கூட்டிணைவு
Cohesion theory — கூட்டிணைவுக் கோட்பாடு
Coincide — ஒத்துவருதல்
Collapse — அழிவு
Colloidal slate — கொல்லாய்டல் நிலை
Complete saturation — முழுபூரிதம்
Compound — கூட்டுப்பொருள்
Concentration — அடர்த்தி
Concentration gradent — அடர்த்தி வேறுபாடு
Continuous DPD gradient — தொடர்ச்சியான DPD வேறுபாடு
Control leaves — ஒப்புநோக்கு இலைகள்
Cooling effects — குளிர்தன்மை ஏற்படுத்தும் விளைவுகள்
Cotton bolls — பஞ்சு போல்கள்
Crassulaceae — கிராஸுலேசி
Crassulacean acid metabolism — கிராஸுலேசியன் அமில வளர்சிதை மாற்றம்
Cryoscopic methods — கிரையோஸ்பிக் முறைகள்
Cuticular transpiration — கூட்டிக்கிள் நீராவிப் போக்கு
Cutin — கூட்டின்
Cyclamen — சைக்ளமென்
Cyclosis — சுற்று ஓட்டம்
Cytoplasm — சைட்டோபிளாசம்

D

Dark carboxylation reactions — இருள் கார்பாக்ஸிலேஷன் கிரியைகள்
Delicate balance — நுண்ணிய சமநிலை
Denaturation — தன்மையை இழத்தல்
Dendrograph — டெண்ட்ரோகிராஃப்
Deplasmolysis — டிபிளாஸ்மோலிஸிஸ்
Dialysis — டயாலிஸிஸ்
Diffusion — பரவுதல்
Diffusion gradient — பரவுதல் வேறுபாடு
Differentially permeable membrane — அரை செலுத்து சவ்வு

Differential permeability — வேறுபட்ட செலுத்துத்திறன்
Diffusion pressure — பரவு அழுத்தம்
Diffusion pressure deficit — பரவு அழுத்தக் குறைவு
Diffusion pressure gradient — பரவு அழுத்த வேறுபாடு
Diffusion shells — பரவுக் கூடுகள்
Disperse phase — விரவிய நிலை
Dispersion medium — விரவு ஊடகம்
Distribution — பரவியிருத்தல்
Diurnal fluctuation — லய வேறுபாடு
Diurnal rhythm — பகலிரவு லயம்
n-dodecane — n-டோடிகேன்
Dome shaped — கோபுர உச்சி வடிவம்
Donor cell — கொடுக்கும் ஸெல்
Drainage — நீர்வடிதல்
Driving force — உந்தும் விசை
Drought enduring — வறட்சி தாங்குவன
Drought escaping — வறட்சி காணுதது
Drought evading — வறட்சி தவிர்ப்பது
Drought resistance — வறட்சித் தாங்கல்
Drying process — காய்தல் நிகழ்ச்சி
Dumb-bell shape — சப்பளாக் கட்டை வடிவம்
Duration — கால இடைவெளி

E

Easy mechanism — எளிதான செயல்முறை
Ectodesmata — எக்டோடெஸ்மாக்கள்
Elasticity — மீள் சக்தி
Electrolyte — எலெக்ட்ரோலைட்
Electro-osmosis — எலெக்ட்ரோ-ஆஸ்மாஸிஸ்
Element — மூலகம்
Elms — எல்ம்கள்
Emulsion — எமல்ஷன்
Endodermis — எண்டோடெர்மிஸ்
Energy — ஆற்றல்
Energy consuming — ஆற்றல் தேவைப்படுதல்
Environment — சூழ்நிலை
Epidermal layer — புறத்தோல் படலம்
Epithem — எபிதம்
Equilibrium — நடுநிலைமை

Eucalypties regnans — யூகலிப்டஸ் ரெக்னன்ஸ்
Evaluation — நிர்ணயம் செய்தல்
Evergreen — எப்பொழுதும் பசுமையான
Experimental factor — சோதனை அம்சம்
Extend — நீட்சியடைகிறது
External medium — வெளிதளம்
External pressure — வெளி அழுத்தம்

F

Facilitated diffusion — எளிதாக்கப்பட்ட பரவுதல்
Fibres — நார்கள்
Field capacity — நிலநீர் கொள்திறன்
Fine sand — பொடி மணல்
Flopping — ஃபிலாப்பிங்
Flow — ஓட்டம்
Fluctuations — வேறுபாடுகள்
Fluidity — திரவத் தன்மை
Force — வேகம்
Force of attraction — கவர்ச்சி விசை
Framework — அடிப்படை அமைப்பு
Freezing point — உறை நிலை
Frictional resistance — பிடிப்புத் தடைகள்
Fructosan — பிரக்டோஸான்

G

Gallon — காலின்
Gas constant — வாயுநிலை எண்
Gel — ஜெல்
Gelatin — ஜெலாடின்
Gelatin washer — ஜெலாடின் வாஷர்
Genese wheat — ஜெனிஸி கோதுமை
Genista — ஜெனிஸ்டா
Glutamine — குளுட்டமைன்
Glycerine — கிளிஸரின்
Glycine — கிளைஸீன்
Glycollate hypothesis — கிளைக்கோலேட் கொள்கை
Gravitational methods — எடையெடுத்தல் முறைகள்
Growing season — வளர்ச்சிக் காலம்
Gultation — நீர்க்கசிவு

H

Halophytes — ஹேலோஃபைட்டுகள்
Helianthemum — ஹீலியாந்திமம்
Heliotropium — ஹீலியோடிரோபியம்
Humidity — ஈரப்பதம்
Hydathodes — ஹைடதோடுகள்
Hydrangea — ஹைட்ராஞ்சியா
Hydrocarbons — ஹைட்ரோகார்பன்கள்
Hydride — ஹைட்ரைட்
Hydrogen bonding — ஹைட்ரஜன் இணைப்பு
Hydrologic cycle — நீர்ச் சுழற்சி
Hydrophilic colloids — நீர்விரும்பு கொல்லாய்டுகள்
Hydrophilic pole — நீர் விரும்புமுனை
Hydropholic colloids — நீர் விரும்பா கொல்லாய்டுகள்
Hydrostalic pressure — ஹைட்ரோஸ்டேடிக் விசை
Hydropholic solution — உயர் அழுத்தக் கரைசல்
Hypotheses — கோட்பாடுகள்
Hypotonic solution — தாழ் அழுத்தக்க ரைசல்

I

Imbibant — உள்ளீர்க்கும் பொருள்
Imbibition — உள்ளீர்த்தல்
Imbibition theory — உள்ளீர்த்தல் கோட்பாடு
Imbibitional uptake — உள்ளீர்த்தல் உள்ளெடுப்பு
Impregnated — ஊடுருவப்படுதல்
Incipient plasmolysis — தொடக்க பிளாஸ்மோலிஸிஸ்
Incipient wilting — தொடக்க நிலை வாடல்
Indispensable — அத்தியாவசியமான
Inlets — நுழைவாயில்கள்
Intercellular space — செல்லிடை வெளி
Interface — இடைப்பரப்பு
k-iodo acetate — பொட்டாசியம் அயடோ அசிடேட்
Ionising X-rays — அயனி X கதிர்கள்
Irreversible — மீளாதது
Irreversible colloid — மீளாக் கொல்லாய்டு
Irrigation — நீர்ப்பாசனம்
Isotonic solution — சமன் அழுத்தக் கரைசல்
Isotopic — ஐஸோடோபிக்

K

Kinetic energy — இயக்க ஆற்றல்

L

Lamina — இலைபரப்பு
Lenticels — பட்டைத் துளைகள்
Lenticular transpiration — பட்டைத்துளை நீராவிப் போக்கு
Lichens — லைக்கென்கள்
Ligno-suberin — லிக்னோ-சூபரின்
Liriodendron — லிரியோடெண்ட்ரான்
Limiting factor — வரம்பிடு அம்சம்
Linaria — லைனேரியா
Lipids — லைபிட்கள்
Lipoidal theory — லைபிட்கோட்பாடு
Lipophilic — கொழுப்பு விரும்பு
Living active transport — உயிர்த்தன்மையுடைய வீரியக் கடத்தல்
Loam soil — லோம் மண்
Lumen — உள்வெளி

M

Matrix — தளம்
Matter — பொருள்
Maximum force — அதிகப்படியான விசை
Mechanical injury theory — காயக் கொள்கை
Mechanisms — வழிமுறைகள்
Melting point — உருகும் நிலை
Meniscus — மெனிஸ்கஸ்
Mesophyll — மீஸோஃபில்
Meteriological — காலநிலை
Micrameter — மைக்ராமீட்டர்
Microdissection — நுண் அறுவை
Microneedle — மைக்ரோ ஊசி
Mineral salt — கனிம உப்பு
Mist — பனிமேகம்
Molecular weight — மூலக் கூறுஎடை
Molecules — மூலக் கூறுகள்
Molisch's infiltration method — மோலிஷின் உள் பரவல் முறை
Mosaic theory — மொஸைக் கோட்பாடு

N

Negative direction — எதிர் மறைத்திசை
Nematodes — உருளைப்புழுக்கள்
Net resultant force — ஈவுவிசை
Neutralise — சமநிலை அடைதல்
Nitella — நைடெல்லா
'Noble' metals — உயர்ரக உலோகங்கள்
Non-ossmotic method — ஆஸ்மாஸிஸ் அல்லா முறைகள்

O

Opposite charge — எதிர் மின் சக்தி
Opposite force — எதிர் விசை
Optical property — ஒளித்தன்மை
Organic matter — அங்கக மட்கு
Osmosis — ஆஸ்மாஸிஸ்
Osmotic forces — ஆஸ்மாடிக் விசைகள்
Osmotic potential — ஆஸ்மாடிக் பொடன்ஷியல்
Osmotic pressure — ஆஸ்மாடிக்அழுத்தம்
Osmotic quantities — ஆஸ்மாடிக் அளவுகள்
Osmotic unit — ஆஸ்மாடிக் அலகு
Outer lamella — வெளிஅடுக்கு
Overheated — அதிவெப்பமடைதல்
Oxidation — ஆக்ஸிகரணம்
Oxygen tension — ஆக்ஸிஜன் விசை

P

Parchment tube — பார்ச்மெண்ட் குழாய்
Partial neutralisation — இடைப்பட்ட தன்மை அடைதல்
Passage cells — வழிசெல்கள்
Passive absorption — உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல்
Path of water — நீரின் பாதை
Peat soil — பீட்மண்
Periodic table — பீரியாடிக் அட்டவணை
Perforations — துளைகள்
Permeability — செலுத்துதிறன்
Phenylmercuric acetate — ஃபீனைல் மெர்கூரிக் அசிடேட்
Phaspholipids — பாஸ்போலைபிட்கள்
Phosphorylase — பாஸ்பாரிலேஸ்

Physical theories — பௌதீகக் கோட்பாடுகள்
Physiological wilting — வாழ்வியல் வாடல்
Physiology of stomata — ஸ்டோமாக்களின் வாழ்வியல்
Pine — பைன்
Pint — பின்ட்
Pinus echinata — பைனஸ் எக்கைனேட்டா
Pit aperture — குழி துவாரம்
Pit aspiration — குழி அஸ்பிரேஷன்
Pit chamber — குழி அறை
Pit membrane — குழி சவ்வு
Plane of polarisation — துருவமடையும் திசை
Plant-water relation — தாவர - நீர்த் தொடர்பு
Plasma membrane — பிளாஸ்மா சவ்வு
Plasmodesmata — பிளாஸ்மோ டெஸ்மாக்கள்
Plasmolysis — பிளாஸ்மோலிஸிஸ்
Plasmometric method — பிளாஸ்மோ மெட்ரிக்முறை
Poa annua — போவா அன்னுவா
Porometer methods — துளைமானி முறைகள்
Potential differences — விசை வேறுபாடுகள்
Potential transpiration — பொடன்ஷியல் நீராவிப் போக்கு
Potometer methods — போட்டாமீட்டர் முறைகள்
Precipitate — படிதல்
Pressure difference — அழுத்த வித்தியாசம்
Puresap samples — கலப்பற்ற சாற்று சாம்பிள்கள்

R

Radial wall — ஆர உறை
Random — வரம்பற்றது
Raw materials — கச்சாப் பொருள்கள்
Reagents — கிரியை ஊக்குவிக்கும் பொருள்கள்
Recipient cell — பெறும்செல்
Redistribution — பங்கீடு
Relative humidity — ஒப்பு ஈரப்பதம்
Relative turgor — ஒப்பு விறைப்பு
Repel from water — நீரினை விட்டு விலகும் தன்மை
Resinous substances — பிசின் பொருள்கள்
Resistance — தடங்கல்

Resistant porometer	— தடங்கல் துளைமானி
Retentivity	— தக்கவைக்கும் திறன்
Reversible	— திரும்பக் கூடியது
Reversible colloid	— மீளுங்கொல்லாய்டு
Rhizosphere	— ரைஜோஸ்ஃபியர்
Ringing experiment	— வளையச் சோதனை
Root constant	— வேர்தாங்கு அளவு
Root hairs	— வேர்த்தூவிகள்
Root pressure	— வேர் அழுத்தம்
Root Shoot ratio	— வேர்தண்டு விகிதம்
Rosen rye	— ரோஸன் ரை.
Run off water	— ஓடும் நீர்

S

Saturated	— பூரிதம்
Saturated vapour pressure	— பூரிதஆவி அழுத்தம்
Saxipraga	— சாக்ஸிபிரேகா
Selaginella	— செலாஜினெல்லா
Selective permeable membrane	— தேர்வு செலுத்து சவ்வு
Sequoia	— சிக்கோயா
Sieve principle	— சல்லடைக் கேட்பாடு
Silt	— வண்டல்
Simple pit	— எளிய குழி
Sloughed off	— உரிந்துபோதல்
Sodium azide	— சோடியம் அஜைட்
Na - α - hydroxydecane Sulphonate	— சோடியம் α - ஹைட்ராக்ஸி டீகேன் சல்போனேட்
Na 2, 4-Dichlorophenoxy acetate	— சோடியம் 2,4-டைகுளோரோ பீனாக்ஸி அசிடேட்
Na. 1. Naphthalene acetate	— சோடியம் 1. நாப்தலின் அசிடேட்
Soil air	— மண் காற்று
Soil factors	— மண் அம்சங்கள்
Soil micro organisms	— மண் நுண்ணியிரிகள்
Soil moisture deficit	— மண் நீர் பற்றுக்குறை
Soil temperature	— மண் வெப்பநிலை
Sol	— ஸால்
Solid particle	— திடப்பொருள்
Solubility principle	— கரைதல் கோட்பாடு
Soot particles	— புகைப்பொருள்கள்

Specific heat	—	ஒப்பு வெப்பநிலை
Spring season	—	வசந்தகாலம்
Stable	—	நிலையாக
Stomata	—	ஸ்டோமாக்கள்
Stomatal aperture	—	ஸ்டோமாதுளை
Stomatal transpiration	—	ஸ்டோமாட்டல் நீராவிப் போக்கு
Strip	—	பகுதி
Structural basis	—	அமைப்பு அடிப்படை
Suberin	—	சூபரின்
Subsidiary cells	—	துணைசெல்கள்
Succulents	—	சதைப்பற்றுத் தாவரங்கள்
Suction effect	—	இழுத்தல் விளைவு
Suction force	—	ஈர்ப்பு விசை
Suction pressure	—	ஈர்ப்பு அழுத்தம்
Sul phydril groups	—	ஸல் பைட்ரில் தொகுதிகள்
Sulpply end	—	பகிரும் முனை
Surface area	—	புறப்பரப்பு
Surface tension	—	பரப்புவிசை
Surface view	—	பரப்புநோக்கு
Suspension	—	விரவல்
Swells	—	வீங்குகிறது
System	—	தொகுதி

T

Tangential	—	பரிதிப் போக்கு
Taxus	—	டேக்ஸஸ்
Temperate changes	—	வெப்பநிலை மாற்றங்கள்
Tensile force	—	டென்ஸைல் விசை
Tension	—	இழுவிசை
Tetrahedron	—	டெட்ரஹெறட்ரான்
Thermostat	—	தெர்மோஸ்டேட்
Thixotrophy	—	திக்ஸோடிரோஃபி
Tissues	—	திசுக்கள்
Tonoplast	—	டோனோபிளாஸ்ட்
Torus	—	டோரஸ்
Trachieids	—	டிரக்கீடுகள்
Trail barley	—	டிரெய்ல் பார்லி
Transpiration	—	நீராவிப்போக்கு
Transpiration stream	—	நீரோட்டம்

Transpiration water column — நீராவிப் போக்கு நீர்த்தொகுதி
Transient wilting — சிறிதுகால வாடல்
Transplanted — இடம் மாற்றப்பட்டது
Turgor pressure — விறைப்பு அழுத்தம்
Twig — கொப்பு
Tyndall effect — டிண்டால் விளைவு

V

Vacuole — வாக்யோல்
Vapour pressure gradient — வாயுஅழுத்த வேறுபாடு
Vapour shell — நீராவிக் கூடு
Velocity of wind — காற்றின் வேகம்
Vessels — வெஸல்கள்
Viral inclusions — வைரஸ் படிகங்கள்
Viscous — பிசின் தன்மை
Viscosity — விஸ்கஸ் தன்மை
Volume — பரிமாணம்
Vitalistic theories — ஜீவிதக் கோட்பாடுகள்

W

Wall pressure — உறை அழுத்தம்
Water column — நீர்த் தம்பம்
Water culture — ஊட்ட நீர்ச் சோதனை
Water deficit — நீர் பற்றுக்குறை
Water flow — நீர் ஓட்டம்
Water relations — நீர் உறவுகள்
Wavelength — அலை நீளம்
Waxy substances — மெழுகுப் பொருள்கள்
Wheatstone bridge porometer — வீட்ஸ்டன் பிரிட்ஜ் போரா மீட்டர்
Wilting — வாடல்
Wilting coefficient — வாடல் சம எண்
Wilting percentage — வாடல் விழுக்காடு
Winter season — குளிர்காலம்
Wounds — காயப்பகுதிகள்

X

Xerprohytism — வறட்சித் தன்மை
Xeroplastic — ஸீரோபிளாஸ்டிக்
Xylem parenchyma — சைலம் பாரங்கைமா

கலைச் சொல் அகராதி

A

Absorption — உறிஞ்சப்படுதல்
Accessory catalyst — இரண்டாந்தர ஊக்குவித்தல்
Activator — ஊக்கி
Active absorption — உயிர்ப்பு உறிஞ்சல்
Alkali disease — காரவியாதி
Anatomical symptoms — உள்ளமைப்பு அறிகுறிகள்
Anion respiration — எதிர்மின் அயன சுவாசம்
Apical dominance — நுனி ஆதிக்கம்
Apoenzyme — அபோஎன்ஸைம்
Apoplast — அபோபிளாஸ்ட்
Apparent free space — வெளித்தோற்றப் புறவெளி
Apparent volume — வெளித்தோற்றப் பரிமாணம்
Area necrosis — பரப்பு சிதைவு
Ascending order — ஏறுமுகமாக
Ash analysis — சாம்பல் ஆய்வு

B

Base exchange — காரப் பரிமாற்றம்
Binding agent — இணைப்புப் பொருள்
Binding sites — இணைப்புப் பகுதிகள்
Biological oxidation — உயிரியல் ஆக்ஸிகரணம்
Brittle — உடையும் தன்மை

C

Carriers — கடத்திகள்
Carrier concept — கடத்திக் கோட்பாடு
Carrier-ions Complex — கடத்தி-அயனிக் கூட்டு
Carrier stage — கடத்திநிலை

Catalytic elements — ஊக்குவிக்கும் மூலகங்கள்
Catalytic reactions — ஊக்குவிப்பு மறுவினைகள்
Cations — நேர்மின் அயனிகள்
Cation exchange — நேர்மின் அயனி பரிமாற்றம்
Chlorosis — பச்சயச் சோகை
Circulation — சுழற்சி
Companion cells — துணை செல்கள்
Contact exchange theory — நேரடிப் பரிமாற்றக் கொள்கை
Contamination — கலப்படம்
Crystal — படிகம்
Culture medium — ஊட்ட ஊடகம்
Cytochrome pump — சைட்டோகுரோம் பம்ப்

D

Dephosphorylation — டீபாஸ்பீகரணம்
Detection — இருப்பை அறிதல்
Divalent positive ions — டைவாலண்ட் நேர்மின் அயனிகள்
Donnan equilibrium — டோனன் சமநிலை
Drip culture — சொட்டுச் சொட்டாகச் சேர்த்தல்

E

Energy exchange elements — ஆற்றல் பரிமாற்ற மூலகங்கள்
Enzyme activators — என்சைம் ஊக்கிகள்
Equilibrium — சமநிலை

F

Farm science — பண்ணையியல்
Fixed air — நிலையான காற்று
Free diffusion — தடையின்றிப் பரவுதல்

H

Hill reaction — ஹில்கிரியை
Humus — அங்ககமட்கு
Hydrolysis — ஹைட்ராலிஸிஸ்
Hydrostatic pressure — நீர் விசை அழுத்தம்

I

Immobile	—	இடம் பெயராதது
Inorganic	—	அனங்கக
Interveinal chlorosis	—	நரம்பிடை வெளிறல்
Ion exchange	—	அயனி பரிமாற்றம்
Isotopic exchange	—	ஐஸோடோபிக் பரிமாற்றம்

L

Lactealmouth	—	பால்வாய்
Law of minimum	—	லா ஆப் மினிமம்
Layers	—	படலங்கள்
Leaf roll	—	இலைச் சுருளல்

M

Mass flow	—	மொத்த ஓட்டம்
Macroelements	—	பெரு மூலகங்கள்
Mechanism concepts	—	செயல்முறைக் கொள்கைள்
Micelles	—	நுண் துளைகள்
Microelements	—	நுண் மூலகங்கள்
Middle lamella	—	நடு அடுக்கு
Mineral nutrition	—	கனிம ஊட்டம்

N

Necrotic spots	—	சிதைவுப் புள்ளிகள்
Nitrogen fixation	—	நைட்ரஜன் நிலைப்படுத்தல்

O

Organic acid	—	அங்கக அமிலம்
Outer space	—	புறவெளி
Oven dried	—	அடுப்பில் உலர்த்தப்பட்ட
Oxidation-reduction	—	ஆக்ஸிகரண-குறைத்தல்
Oxygen tension	—	ஆக்ஸிஜன் விசை

P

Passive absorption	—	உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சல்
Phosphorylation	—	பாஸ்பீகரணம்
Physiological diseases	—	வாழ்வியல் நோய்கள்

Plant analysis — தாவரப் பகுப்பாராய்ச்சி
Plastic storage elements — நெகிழ்வு சேமிப்பு மூலகங்கள்
Point necrosis — புள்ளிச் சிதைவு
Pot culture — தொட்டியில் பயிர்செய்தல்
Prosthetic group — பிராஸ்தடிக் தொகுதி
Pulverized rock — பொடி செய்யப்பட்ட பாறை

Q

Quantitative relationship — அளவுத் தொடர்பு

R

Reutilisation — மீண்டும் உபயோகித்தல்
Rotation of crops — பயிர்ச் சுழற்சி

S

Salt respiration — உப்பு சுவாசித்தல்
Sand cultures — மண் ஊட்டக்கரைசல் சோதனைகள்
Saturation effects — பூரித நிலை விளைவுகள்
Seasons — பருவங்கள்
Sickle leaf — கொக்கி இலை
Sinuate — உள்ளடங்குதல்
Skeletal elements — அடிப்படை உருவ மூலகங்கள்
Slope culture — பரப்பில் ஊறுதல்
Soluble — கரையும்
Solution culture experiment — ஊட்டக் கரைசல் சோதனை
Specificity — குறிப்புத் தன்மை
Spindle fibres — கதிர்க் கற்றை இழைகள்
Stock solution — அடிப்படைக்கரைசல்
Stunted growth — குறைவு வளர்ச்சி
Symplast — ஸிம்ப்ளாஸ்ட்
Symptom — அறிகுறி

T

Trranslocation — கடத்தப்படுதல்
Tanspiration stream — நீராவிப்போக்கு நீர் ஓட்டம்

V

Vapour isation — ஆவியாதல்
Vitiated air — தூய்மையற்ற காற்று

W

Water economy — நீர்ப்பொருளாதாரம்

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்
(BIBLIOGRAPHY)

1. Crafts, A. S., (1961), 'Translocation in Plants'.
2. Daubenmire, R. F., (1959), 'Plants and Environment', John Wiley & Sons., Inc.
3. Devlin, R. M., (1969), 'Plant Physiology', II Ed, Van Nostrand Reinhold Co.
4. Dixon, H., (1924), 'The Transpiration Stream', Univ. London Press.
5. Knight, R. O., (1965), 'The Plant in Relation to Water,' Heinemann Education Books Ltd.
6. Kochhar, P. L., 'Plant Physiology', Atma Ram & Sons., New Delhi.
7. Kozlowsky, T. T., (1964), 'Water Metabolism in Plants', Harper & Row.
8. Kramer, P. J., (1949), 'Plant and Soil water relationships', Mc Graw–Hill Book Co.,
9. Meidner, H., & Mansfield, T. A. (1968), 'Physiology of Stomata', Tata, McGraw Hill Co.,
10. Meyer, B. S., Anderson, D., B. & Bohning, R., H. (1965), 'Introduction to Plant Physiology', Van Nostrand Co.
11. Ruhland, W., (Ed.) 1956, 'Encyclopaedia of Plant Physiology', Vol. 3.
 of Plant Physiology.
12. Rao, K. N., Partha, T. S., & Rao, G.S., 'Outlines of Plant Physiology'.
13. Steward, F. C. (1959), 'Plant Physiology-A Treatise', Vol. II. Academic Press, New York.
14. Sundaram, S. (1970), 'தாவரங்களின் வாழ்க்கை', கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம், தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்.
15. Sutcliffe, J. F., (1962), 'Mineral Salts Absorption in Plants'.
16. Truog, E. (Ed.), (1951), 'Mineral Nutrition of Plants', University of Wisconsin Press, Madison.
17. — Water, U.S.A. Department of Agriculture Year Book for 1955.
18. Zelitsch, I. (1963), 'Stomata and water relations in plants'. Bulletin No. 664. The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven.

மேற்கோள் காட்டப்பட்டுள்ள முக்கியமான ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள்

1. **Bartholomew :** 'Internal decline of lemons; water deficit in lemon fruits caused by excessive leaf evaporation', Am. Jour. Bot. 13: 102-117 (1926).
2. **Bennet-Clark, T. A. : 1959.** Water relations of cells. In F.C. Steward (ed.) Plant Physiology–A Treatise, Vol. II.
3. **Greenidge:** 'The ascent of sap'. Ann. Rev. Plant Phys. 8 (1957).
4. **Hudson, J. P. :** 'Plants and their water supplies'. Endeavour XVI. No. 62 (1957).
5. **Israel Zelitch :** 'The Control and Mechanisms of Stomatal Movement in Stomata & water relations in plants' Bulletin 664. The Connecticut Agricultural Experiment Station, 1963.
6. **Ketellapper, H. J. :** 'Stomatal Physiology', Ann. Rev. Plant Physiol. 14 (1963).
7. **Kramer, P. J. 1959:** Transpiration and the water economy of plants, in F. C. Steward (ed.), Plant Physiology–A treatise, Vol.II.
8. **Kramer & Currier :** 'Water relations of plant cells & tissues', Ann. Rev. Plant Physiol.1, 265–284 (1950).
9. **Robertson, R. N. 1958**: The uptake of minerals in W. Ruhland (ed.), Encyclopaedia of plant physiology, Springer, Berlin, 4. 243.
10. **Slatyer, R. O. :** 'Internal water relations of higher plants', Ann. Rev. Plant Phys. 13 (1962).
11. **Stocking, C. R. 1956 :** 'Guttation & Bleeding' in W. Ruhland (ed.), Encyclopaedia of Plant Physiology, 3 : 489.
12. **Veihmeyer :** 'Soil moisture', 'Encyclopaedia of Plant Physiology', Vol. III, 64–123 (1956).
13. **Veihmeyer & Hendrickson :** 'Soil moisture in relation to plant growth', Ann. Rev. Plant Phys.1, 285–304 (1950).
14. **Zimmerman, M. H. :** 'How sap moves in Trees', Scientific American 208, No. 3 (March, 1963).

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை–600031

*

தமிழில் பயில்பவர்க்குக் கல்லூரிப் பாடநூல்கள்

(Tamil Medium Books for Colleges)

இதுவரை 606 நூல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன

*

மேலும், விரைவில் வெளிவருபவை

பொறியியல்	—	43	நூல்கள்
சட்டம்	—	19	,,
மருத்துவம்	—	9	,,
இயற்பியல்	—	27	,,
வேதியியல்	—	21	,,
தாவரவியல்	—	17	,,
விலங்கியல்	—	7	,,
கணிதம்	—	19	,,
வணிகவியல்	—	30	,,
பொருளாதாரம்	—	21	,,
புவியியல்	—	12	,,
வரலாறு	—	36	,,
மனையியல்	—	2	,,
தத்துவம்	—	5	,,
உளவியல்	—	4	,,
புள்ளியியல்	—	2	,,
கல்வி	—	3	,,
நிலப் பொதியியல்	—	3	,,
அரசியல்	—	25	,,

கிடைக்குமிடம் :

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனக் கிடங்கு

(கல்லூரிக் கல்வி இயக்குநர் அலுவலகச் சுற்றுக்குள்)

கல்லூரிச் சாலை, நுங்கம்பாக்கம்,

சென்னை-600006.

கல்லூரிப் பாடநூல்களுக்கு 20% கழிவு வழங்கப்படும்.